Fisheries and Oceans Canada
Pêches et Océans Canada

A New Ecosystem Science Framework in Support of Integrated Management

Canada

Published by:

Communications Branch
Fisheries and Oceans Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0E6

DFO/2007-1296

© Her Majesty the Queen in Right of Canada 2007

Cat. No. Fs23-521/2007
ISBN 978-0-662-69833-3

Cat. No. Fs23-521/2007E-PDF
ISBN 978-0-662-46285-9

2007-05793/

Table of Contents

Introduction 1

What is an aquatic ecosystem? 1

What is ecosystem science? 1

Why an ecosystem science approach? 2

Benefits and challenges of moving to an ecosystem science approach 3

Benefits 3

Challenges 3

Why an Ecosystem Science Framework? 4

The Ecosystem Science Framework 4

1 *Risk assessment tools* 4

2 *Performance evaluation of ecosystem indicators* 4

3 *Tools for evaluating decision-support rules* 5

4 *Operationalize "regime shifts"* 5

5 *Apply knowledge of productivity changes* 5

6 *Recovery potential of depleted species* 5

7 *Key features of ecosystem structure and function* 5

8 *Knowledge access and spatial management methodologies* 5

9 *Best practices for ecosystem assessments* 6

Conclusion 6

Annex – Examples of ecosystem science in support of integrated management 7

A. Ecosystem management in the Great Lakes 7

B. The Strait of Georgia and ecosystem-based management 9

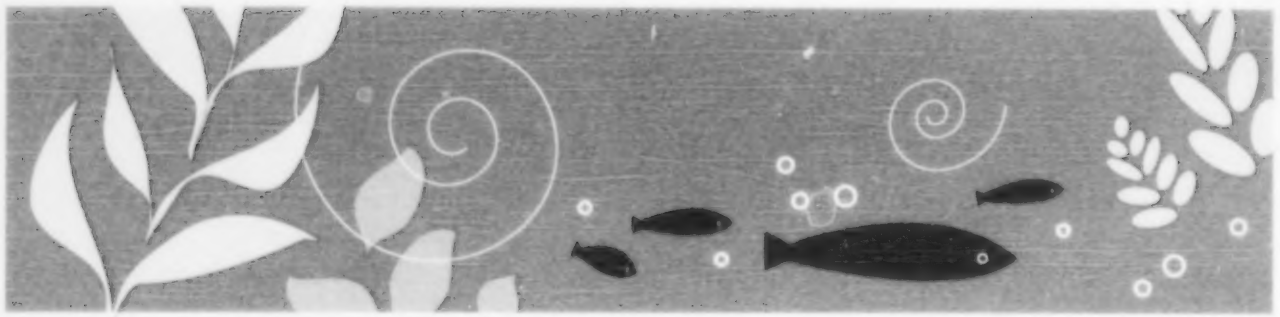
C. Ecosystem-based approach for the Northumberland Strait 10

D. The Whole Lake Aquaculture Experiment: An example of ecosystem-based science 11

E. Lower St. Lawrence Estuary 11

F. The Fundy Isles (SW New Brunswick Bay of Fundy) case study 12

G. Examples of DFO activities placed in an ecosystem context 13



Introduction

DFO Science is working to ensure a vibrant and sustainable aquatic science program that is based on excellence, continues to support DFO and Government of Canada priorities, and better serves Canadians. Scientific capacity and resources are being challenged to meet the increasingly complex and growing requirement for science advice, projects and services to support the department's strategic outcomes, federal policies, programs, decisions and regulations. Therefore, aligning DFO Science activities with existing and emerging priorities, both within the department and across the federal government, presents an additional challenge.

The Science Management Board (SMB) was established in 2005 to provide strategic direction to the Science program, identify issues that affect DFO's ability to meet mandated objectives, and select priorities in need of Science support. At its first meeting, which was held in October 2005, the SMB confirmed that the highest priority for DFO Science is providing scientific support for ecosystem-based management. To provide this support, DFO Science needs a framework for realigning its focus to ensure the long-term stability of the monitoring and data management programs, and to maximize flexibility in the area of research and the provision of products, services, and, particularly, scientific advice to respond to changing needs.

This document provides the rationale for an ecosystem science approach and describes the proposed framework for realigning the DFO Science program to support an ecosystem approach to management and better reflect an ecosystem science program.

What is an aquatic ecosystem?

An ecosystem is a system with a specific geographic location that includes all living organisms (humans, plants, animals, micro-organisms), the physical, chemical, and climatic environment, and the processes that control the dynamics of the system. The interaction of organisms in an ecosystem is dynamic and subject to internal and external disturbances. Therefore, the relationships of organisms in an ecosystem may change over time.

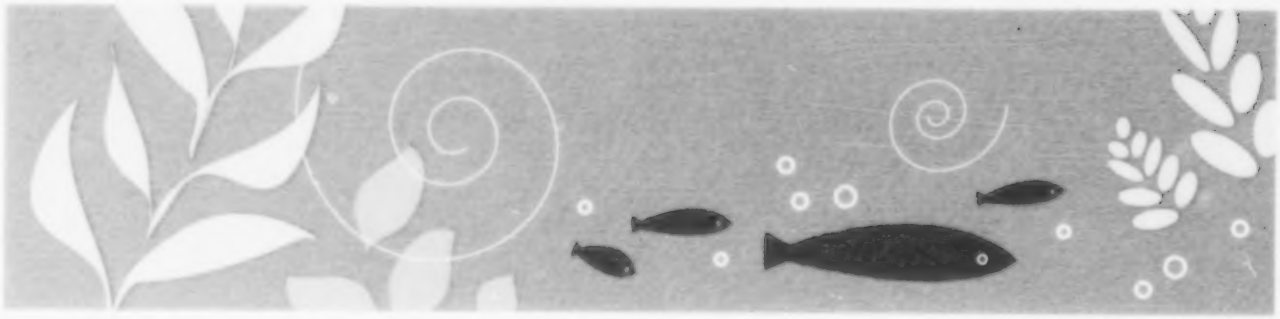
While aquatic ecosystems may be separated by geographical barriers, as in the case of lakes, watersheds, or enclosed bays, aquatic ecosystems often blend into one another because of porous boundaries set by currents, features of the seafloor, or water masses. Aquatic ecosystems can also be nested inside larger ecosystems.

The scope of an ecosystem depends on what is being examined. Depending on the issue, a pond may be examined as a separate ecosystem or as part of a watershed ecosystem. Similarly, a coastal bay may be studied for its own dynamics, as part of a coastal shelf, or as part of a large marine ecosystem where migratory whales live.

What is ecosystem science?

Ecosystem science takes a broad approach to studying relationships and interactions in the ecosystem, and integrates science outputs to provide a sound scientific foundation for policies and programs.

Since it is impossible to study and understand all the processes and relationships in an ecosystem, ecosystem science focuses its efforts on identifying and understanding the key relationships in nature, and their links to human needs and actions.



Why an ecosystem science approach?

Aquatic ecosystems are increasingly affected by human activities. Limiting possible damage and making human activities more sustainable is the complex task of policy-makers and managers who, in turn, rely on scientists for advice on which to base their decisions.

Ecosystem science is the foundation for the science needed to support the integrated management of diverse human activities — such as fishing, aquaculture, transportation, and oil and gas exploration — that are regularly undertaken in the same area. Ecosystem science provides essential advice to decision-makers, who manage fisheries, aquaculture, habitat, ocean resources, and the recovery of species-at-risk, on how these activities interact with one another and affect aquatic ecosystems. Ecosystem science is needed to inform the department's policies and management practices, and to determine the necessary features of our Science activities.

- ***Research*** should improve our knowledge of key ecosystem relationships and linkages to human activities and be broadly applicable to all departmental responsibilities.
- ***Monitoring*** and ***data and information management*** should produce ecosystem-focused ***products and services*** of value to all parts of the department.
- ***Science advice*** should be provided in an ecosystem perspective and be integrated across client sectors.

An ecosystem science approach means changing the way DFO provides science support, not just redistributing resources. Traditionally, DFO Science has supported the management of human activities on an activity-by-activity basis and focused its effort primarily on the intended targets of each of these activities (e.g., the target species of a fishery). Major events, such as the collapse and non-recovery of the east coast ground fisheries and dramatic fluctuations in returns of west coast salmon stocks, have demonstrated that this approach is inadequate.

DFO Science cannot continue to focus primarily on information collection and analyses of those ecosystem components closely linked to individual activities. Scientists must provide decision-makers with comprehensive ecosystem advice about how human activities may interact with other activities being undertaken in the same aquatic ecosystem, or take adequate account of major environmental drivers in the ecosystem.

At the same time, improving the knowledge base for managing one activity will likely improve the information available to manage other activities in that ecosystem. Effective fisheries management, for example, requires much more knowledge about an aquatic ecosystem than simply the fish stock abundance and population dynamics. A good ecosystem science framework will benefit both activity-specific management and management of all activities considered together.

The following eight priority areas, identified by the SMB under "Science in Support of Ecosystem-based Management," provide a sound basis for the development of an ecosystem science framework.

1. Setting clear ***objectives*** for monitoring and protection
2. Developing ***ecosystem indicators*** and reporting systems
3. Developing ***risk-based*** *frameworks*
4. Generating ***integrated information for fisheries management***
5. Identifying ***habitats of special importance*** and sensitivity
6. Considering impacts on aquatic ***biodiversity*** *(Species at Risk Act and invasive species)*
7. Understanding ***pathways of effects*** driving changes
8. Understanding ***climate variability*** and impacts on resources

As illustrated in *Table 1*, these priority areas are common to the DFO program areas requiring science support (Fisheries, Aquaculture, Oceans, Habitat Management, and Species at Risk) and are important for the integrated management of human activities in aquatic ecosystems.

An ecosystem approach is consistent with global trends, both in terms of other countries and research organizations. The European Commission is consulting on a comprehensive European Marine Strategy, which features an ecosystem approach to integrated management of human activities in the seas. The International Council for the Exploration of the Sea (ICES) is reorganizing its expert groups to focus on integrated ecosystem assessments and its advisory committees to provide integrated advice to fisheries, environmental agencies, and commissions. The National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) Ecosystem Review Team of the United States is recommending that NOAA marine science refocus on integrated regional assessments as the starting point for support and advice to all management clients (fisheries councils, sanctuary managers, and coastal zone planners).

Benefits and challenges of moving to an ecosystem science approach

Benefits

An ecosystem science approach will enable DFO Science to identify, monitor, and interpret trends in the features that are most important to an ecosystem's sustainability, and integrate existing knowledge about the effects of fisheries, aquaculture, habitat, and oceans activities on these important ecosystem features. It will also help identify knowledge gaps and bring specialists together so that DFO Science can build its advice around increased understanding of these features (which vary naturally and in response to human activities) and provide integrated and consistent science advice for decision-makers in all sectors.

Instead of duplicating existing capacity internally, DFO Science advice and support will make better use of existing science capacity in a wide range of areas, be built around a dynamic and flexible workforce, and reflect evolving international approaches to marine and freshwater science. This will improve confidence and credibility with clients, industry, and stakeholders, and make the new Science program more efficient, effective, consistent, and streamlined.

Challenges

Effective implementation of ecosystem science changes the way DFO has traditionally been organized. It requires a move away from scientists focused on single management issues to a team approach that brings together a wide range of skills. As a result, ecosystem science will change the make-up of the Science program workforce and require improved and interactive knowledge bases that support fisheries, aquaculture, habitat, and oceans management.

Stakeholders and clients requiring science advice and support adapted to their needs have come to rely on the traditional single-activity approach, and they are demanding increasingly specialized products and services. They will require help to understand the ecosystem approach, including how it can provide them with better inputs for their decision-making. Engaging DFO scientists and clients of the Science program (including DFO sectors, other federal departments, industry, and stakeholders) in the shift to ecosystem science will be a key element of DFO strategy.

Table 1 - Illustration of the common support each priority area of Ecosystem Science provides to the major clients of DFO Science.

Area of Ecosystem Science	Fisheries	Aquaculture	Oceans	Habitat	Species-at-risk
1 Ecosystem Objectives	1	1	1	1	1
2 Ecosystem Indicators	1	1	1	1	1
3 Risk-based Framework	1	1	1	1	1
4 Integrated ecosystem information for Fish Management	1	2	2	3	1
5 Habitats of special importance	2	2	1	1	1
6 Biodiversity	1	1	1	1	1
7 Pathways-of-effects	2	2	2	1	2
8 Climate variablity and effects	1	2	1	2	1

(1 = direct and immediate supporting relationship; 2 = indirect but immediate benefits to clients from Science advances; 3 = indirect longer term benefits)

Limited human and financial resources are a continuing concern for the Science program, as indeed they are for aquatic science programs all over the world. Demands for science advice and support will continue to exceed the capacity of the program, even when the support is more integrated.

Why an Ecosystem Science Framework?

Although DFO Science is trying to co-ordinate the delivery of its functions, the demands of each DFO program area have been developed independently within the department and, as a result, DFO Science has been providing tailor-made products to each of its five main client programs. Science can no longer be a different program for each client.

DFO Science is developing an ecosystem science framework that integrates advice and support so it can provide decision-makers with effective support and address the limitations of single-activity management. The framework integrates existing knowledge about ecosystem dynamics and the effects of human activities on them, assesses the aspects that are most important to that ecosystem, and interprets the trends and patterns in ways that can be applied to risk assessment and management of human activities in aquatic ecosystems.

While client sectors may initially perceive fewer "custom-made" science products as a reduction in science support, they will, in fact, be getting improved science support. The Ecosystem Science Framework will help DFO Science make linkages between program areas, modernize program delivery, and support integrated policy-making and management. Such advice will help policies and management activities to become more general, flexible, and applicable to a range of conditions. The ecosystem approach provides the department with a common path to the future. As such, a solid ecosystem science framework is essential to enable us to travel that path together.

The Ecosystem Science Framework is guided by the commonality of client sector needs and provides multi-functional products. Of course, important activities of DFO Science that support maritime safety, sovereignty, and security cannot be reflected in the ecosystem science framework, but they will continue to respond to departmental priorities.

The Ecosystem Science Framework

DFO Science has identified a number of key components that will form the basis of the Ecosystem Science Framework. They reflect the highest priority management and policy challenges of both the department and the Government of Canada, as well as the multi-functional nature of an ecosystem science approach.

1 Risk assessment tools

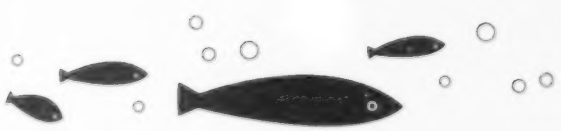
- **Develop flexible risk assessment tools to provide risk-based science advice for policy and management.**

All policy and management activities need risk management, risk quantification, and risk-based decision-support tools that are practical and easily applied. Flexible risk assessment tools can be developed and implemented in the short term and all program areas will benefit from the more effective use of whatever ecosystem knowledge exists for a particular area and activity.

2 Performance evaluation of ecosystem indicators

- **Develop tools for evaluating performance of ecosystem indicators to help choose among competing suites of ecosystem indicators.**

Policy and management decisions must be based on reliable, rule-based indicators to ensure fair and stable advice. The advice must be available in a timely manner and be appropriate as to scale – whether that means advice pinpointed to a particular species in a particular area, or advice supporting a broad framework solution. Consideration must also be given as to whether such advice needs to be reviewed on a regular basis, as conditions change, or can be considered as appropriate for a long period of time. Consistent with this objectives-based management approach, DFO Science has put significant effort into developing and applying ecosystem indicators as the basis for making the ecosystem approach operational. Many suites of ecosystem indicators are being discussed within Science and among science, management, and policy experts. However, efficient and broadly applicable tools to evaluate the performance of ecosystem indicators in applied contexts have not been developed yet so the selection of indicators lacks an adequate science foundation. The knowledge exists to quickly develop and implement indicators that are known to be reliable in operational situations.



3 Tools for evaluating decision-support rules

- **Systematize the production of rule-based management systems to make support for robust fisheries management rules faster.**

Teams of science, policy, and management staff are gaining experience in developing strategic and operational decision-support rules. But progress is slow because each rule is developed for a case-specific application. The challenge is to evaluate the robustness of decision-support rules in achieving stated objectives in the face of uncertainties. Knowledge exists to develop general and flexible methods to test the robustness of proposals for rule-based management. Substantial progress on testing the proposals is feasible in the short-term. Some longer-term research is necessary to explore effective management rules for variable environments.

4 Operationalize regime shifts

- **Operationalize the concept of ecological regime shifts to deal with large-scale shifts, such as climate change.**

World-class research, much of it in Canada, has established that ecosystems may exist in more than one natural regime, and that changes in ecosystem regimes may be abrupt. When such changes occur, strategies for managing human activities may also have to change to ensure continued progress towards ecological, social, and economic objectives. Large-scale regime shifts may be driven by atmospheric climate processes or major changes to predator and prey abundances. However, there has been insufficient progress in exploring the management implications of climate variability and ecosystem effects of over-fishing. An ecosystem science framework must include the concept of operationalizing ecosystem regime shifts.

5 Apply knowledge of productivity changes

- **Consolidate knowledge of stock and ecosystem productivity to apply existing and new understandings to management advice.**

Recent research has greatly increased our awareness that the productivity of commercially exploited and farmed fish and invertebrates can vary greatly, and that a change in productivity has important implications for management. Although we are accumulating substantial knowledge on the causes of the variations, little of this knowledge makes its way into scientific advice on policy and management actions. An ecosystem science framework must consolidate existing knowledge of changes in stock and ecosystem productivity, and develop approaches to ensure that knowledge is reflected in science advice. Operationalizing ecosystem regime shifts and stock productivity work are complementary. If both are approached rigorously, significant progress is expected in the medium term. The transfer of knowledge to practice may also open up new science questions for future exploration.

6 Recovery potential of depleted species

- **Identify factors affecting recovery of depleted populations to support long-term and short-term stock-rebuilding efforts.**

Integrating knowledge of changes in stock productivity with policies and management practices will contribute to the recovery of depleted populations, whether listed under the Species at Risk Act (SARA) or assessed by DFO as in need of rebuilding. Currently, the reasons for the department's success in recovering some stocks, but not others, are poorly understood. Ecosystem science — to clarify the factors affecting the recovery potential of depleted populations — is essential for all departmental activities, particularly those activities provided for by SARA. This work will take time, but regular incremental benefits to all client sectors are expected.

7 Key features of ecosystem structure and function

- **Identify key structural and functional components of ecosystems to identify the ecosystem objectives and indicators that matter.**

The objective-setting process must focus on the properties that are most important to preserve ecosystem structure and function, and that are most directly affected by human activities. Correspondingly, the extensive scientific literature on ecosystem structure and function needs to be moulded into practical and consistent approaches to identify the key structural and functional components of aquatic ecosystems (such as predators or prey, habitat features, and even integrative functional properties reflecting community resilience and energy transfers). Determining the measurable properties that matter most to ecosystem structure and function will ensure workable indicators that guide decision-makers to the properties that will ensure human use of aquatic ecosystems that is sustainable.

8 Knowledge access and spatial management methodologies

- **Tap into existing information on aquatic habitats and use spatial information in science advice to take full advantage of databases and to focus on localized issues.**

Currently, the department's ability to implement an ecosystem science approach is limited. Data do not exist for many aquatic habitat features and populations of importance, and in some cases, information may exist but not be organized in ways that allow DFO Science to access it efficiently and systematically. Likewise the international scientific community is only beginning to develop the necessary knowledge and methods to address advisory questions in spatial contexts, and DFO Science needs to be more fully engaged in these initiatives. These components are essential to providing credible science in support of ecosystem-based management.

DFO Science needs to tap into any relevant databases they do not already hold. If the information exists but has not been made available, usable databases must be created.

Where essential habitat information does not exist, appropriate methodologies for collecting and using the information must be developed and implemented. These tasks are challenging, but crucial to the ecosystem science approach.

9 Best practices for ecosystem assessments

- **Identify best practices for ecosystem assessments to support a multi-functional approach to DFO science.**

The department has already conducted integrated ecosystem assessments for large, select ocean management areas. The capacity to conduct ecosystem assessments needs to be enhanced. It is equally important that the usefulness of these assessments as the starting point for science advice in the area being assessed must be evaluated. The goal is to identify the best practices for ecosystem assessments, and an essential component of "best" is that the assessments embody the multi-functionality necessary for an ecosystem science approach.

Table 2 illustrates the strong linkages between the key components of the Ecosystem Science Framework and the SMB priority management and policy challenges, and demonstrates the multi-functional nature of an ecosystem science approach.

All future DFO Science initiatives will support the eight priority areas identified by the Science Management Board and be developed in the context of key components of the Ecosystem Science Framework:

Short-term initiatives (one to three years) will consolidate the current state of knowledge and science progress, and produce specific science products for immediate use;

Medium-term initiatives (three to five years) will involve multi-functional science products where the consolidation of existing knowledge will, over time and as additional knowledge gaps are filled, likely result in a greater payoff; and

Long-term (beyond five years) initiatives are expected to provide benefits to client sectors throughout their lifetime.

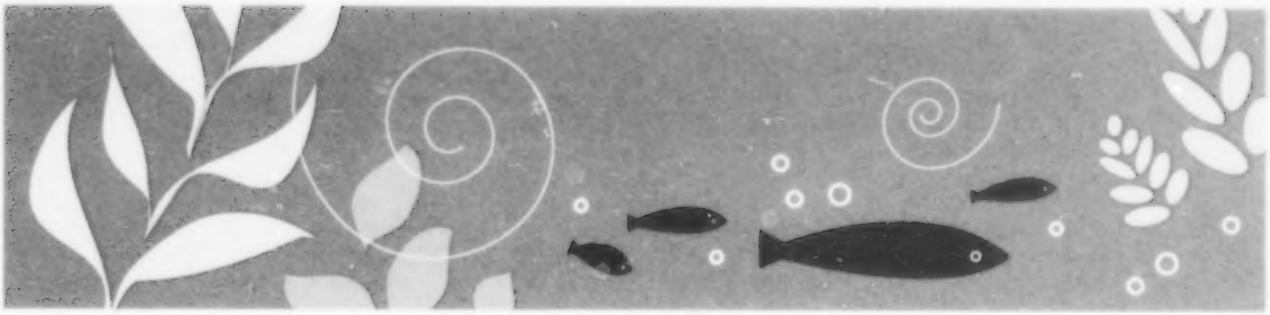
Table 2 - Illustration of the multi-functionality of the key components in relation to SMB priority areas for Ecosystem Science

Priority Areas / Components of Framework	Ecosystem objectives	Ecosystem indicators	Risk-based frameworks	Information for fish management	Special habitat	Biodiversity	Pathways of effects	Climate impacts
1 Risk assessment tools	2	1	1	1	2	2	1	1
2 Performance evalution of ecosystem indicators	2	1	1	1	2	1	1	1
3 Tools for evaluating decision-support rules	1	1	1	1	2	2	1	1
4 Operationalize "regime shifts"	1	2	3	1	2	2	2	1
5 Apply knowledge of productivity changes	2	2	2	1	2	2	2	1
6 Recovery potential of depleted species	2	2	2	1	1	1	2	2
7 Key features of ecosystem structure and function	1	2	2	2	1	1	2	2
8 Knowledge access and spatial management methodologies	2	2	2	2	1	1	1	2
9 Best practices for ecosystem assessments	1	2	2	1	1	1	2	2

(1 = direct and immediate supporting relationship; 2 = indirect but immediate benefits to clients from Science advances; 3 = indirect longer-term benefits)

Conclusion

In summary, this document provides the rationale for an ecosystem science approach and describes the proposed framework for realigning the DFO Science program to support an ecosystem approach to management and better reflect an ecosystem science program.



Annex

This annex addresses ecosystem-based management from two perspectives: the challenges and benefits of an ecosystem-based management approach, and how science can support an ecosystem-based management approach.

The first three examples provide an overview of how ecosystem-based management can be approached in the Great Lakes, the Strait of Georgia, and the Northumberland Strait.

Examples D, E, and F demonstrate how the DFO Science program supports an ecosystem science approach with respect to aquaculture in the Experimental Lakes Area, tracking ecosystem stressors in the Lower St. Lawrence Estuary, and integrated coastal zone management in the Fundy Isles.

Example G highlights how an ecosystem-based management approach can be used to address high-profile and priority issues in the department.

A. Ecosystem management in the Great Lakes

The ecosystem approach to management is relatively new. It was pioneered in the Canada/U.S. International Great Lakes Water Quality Agreements (GLWQA) of the 1970s. Since 1989, Canada has spent nearly $300 million in federal resources on actions designed to restore and protect the Great Lakes. As a result, the lakes are cleaner and healthier today than they have been in the past 50 years.

The Great Lakes are globally significant ecosystems. Together, lakes Erie, Huron, Michigan, Ontario, and Superior hold 20 percent of the world's surface freshwater. Forty million people live in the region and depend on the lakes for drinking water, including 30 percent of Canada's population and 10 percent of the U.S. population. Human health and economic success rely on the long-term health of this ecosystem. Shipping, industry, agriculture, tourism, and recreational and commercial fishing depend on the lakes. The Great Lakes fisheries are among the world's most valuable freshwater fisheries, with an estimated combined Canada/U.S. annual value of $7 billion. The fisheries contribute $450 million a year to Canada's economy. Recreational angling contributes $350 million and commercial fishing, with an average annual landed value of about $45 million, contributes approximately $100 million.

Ecosystem management of the Great Lakes is a necessary and costly multi-partner undertaking. Implementation includes departmental programs, Great Lakes Action Plans, Great Lakes Fishery Commission programs, the Canada-Ontario "Respecting the Great Lakes Basin" Agreement and bi-national institutions with U.S. agencies. Smaller-scale and narrowly focused management actions, such as the Strategic Great Lakes Fisheries Plan promoted by the Great Lakes Fishery Commission (GLFC), had limited success but lake-wide ecosystem management plans now include many of its objectives.

Challenges in the Great Lakes Basin ecosystem

A long history of agricultural, industrial, and municipal development put the Great Lakes ecosystem under tremendous stress. More than half of Canada's 444 species at risk reside in the Great Lakes Basin. By the 1960s, human and industrial waste created serious eutrophication problems, and increased the loadings of persistent toxic chemicals, particularly in the lower lakes. Other concurrent stresses, such as climate change, invasive species, and loss and alteration of habitats due to human development, have added to the problems requiring management.

The concept of beneficial use

A framework for the ecosystem management approach emerged from the concept of "beneficial use," which was promoted to define and prioritize GLWQA management actions. The concept embodies ecological values of the ecosystem, such as food web health, fish populations, and fish and wildlife habitat, along with human values. Beneficial use was applied on a broad scale and governments were urged to develop lake-wide management plans to restore all impaired beneficial uses throughout the lakes. The management approach was further refined in GLWQA revisions, with plans to restore 14 beneficial uses in particularly degraded areas, referred to as Areas of Concern (AOCs). Restoration goals, often referred to as "delisting criteria," were developed.

Definition of the ecosystem management approach

Ecosystem management is holistic. It recognizes the connections between air, land, water, and all living beings. Ecosystems transcend geopolitical boundaries, and natural boundaries, such as lakes and their watersheds, are the management units of the approach. The research and understanding, monitoring, regulation, and implementation of actions require the involvement of international, federal, provincial, and municipal governments.

The following principles must be followed in ecosystem management:

- Encompass a holistic view, including the whole system, not just parts.
- Focus on interrelationships among the components of the environment, and between living and non-living things.
- Ensure balanced consideration of the natural environment, society, and economy.
- Use natural geographic units such as watersheds.
- Incorporate the concepts of ecological sustainability.
- Respect for species other than humans and for generations other than the present.

Great Lakes ecosystem management: The DFO Science role

Since the early 1980s, DFO has held the Canadian mandate for fish, fisheries, fish habitat, and productive capacity in the bi-national and multi-party organizations that continue to facilitate and support the recovery of AOCs across the Great Lakes, and that have led the development of lake-wide ecosystem management plans. DFO has contributed through scientific research, organization, leadership, identification of monitoring requirements, and continued advocacy for conservation, protection, and restoration of fish and fish habitat resources. DFO is a signatory of the Canada-Ontario Agreement Respecting the Great Lakes Basin Ecosystem (COA). DFO assessments of the Great Lakes' productive capacity for the GLFC, and its Canada/U.S. partner agencies, helped determine sustainable guidelines for stocking top predators, the economic mainstay of Great Lakes fisheries.

The DFO Great Lakes Laboratory in Burlington, Ontario, is a pivotal player in the implementation of programs on food webs, and habitat research and monitoring. Improved ecosystem management depends on understanding the impacts of management actions (fisheries, habitat, nutrient/contaminant management) in concert with other drivers of change such as climate, water levels, and species invasions. Recently, emphasis has been placed on the development of dynamic predictive nutrient, ecosystem, and habitat models to understand the relative importance of these influences. Ecosystem models are being used to assess the compatibility of multiple objectives and identify critical knowledge gaps. There is recognition that goals set separately and not as part of an ecosystem framework are unlikely to be compatible and likely to be counterproductive when implemented in the real world. As a result, there is greater understanding that fisheries management and habitat plans, traditionally developed separately, should be reconciled.

DFO Science has made major contributions to Great Lakes ecosystem science. Some examples include the creation of an energy flow model of the Bay of Quinte ecosystem that uses 30-plus years of multi-trophic monitoring data to examine the impact of nutrient management, successive species invasions, and exploitation on fisheries production. Science sector has developed research and monitoring tools, such as Indices of Biotic Integrity, to evaluate recovery of fish populations, zoo-plankton size/productivity indices, and phytoplankton productivity and composition indicators, which together provide metrics of ecosystem health. Monitoring of contaminants in Great Lakes food webs and modelling of pathways of bioaccumulation accomplished two goals: these activities clarified concerns about bioaccumulation risks and enabled forecasting of ecosystem recovery rates when use and loadings of specific chemicals were controlled. For a study sponsored by the International Joint Commission, DFO contributed a dynamic assessment model for all nearshore fish populations and habitats in Lake Ontario. The model was based on habitat classification and assessment tools

developed for use by Fish Habitat Management and the Great Lakes Action Plan partners in area habitat management and restoration plans.

Planned contributions of DFO Science to Great Lakes ecosystem management

- **Habitat:** 1) Scientific evaluation of the success of habitat restoration activities in AOCs, such as Toronto Harbour and the Lake St. Clair-Detroit R. corridor; 2) A key partner in merging of habitat and fisheries management plans in several AOCs; 3) Developing predictive habitat-based population models for key sport fish in AOCs.
- **Invasive species:** 1) Monitoring plans for invasive species, particularly in AOCs, key pathways for introductions; 2) Risk assessment of key pathways for introduction of invasive species to the Great Lakes; 3) Research to understand the impact of invasive species on the health of food webs and fish populations.
- **Ecosystems:** 1) Multi-trophic monitoring of ecosystem health in AOCs and whole lakes; 2) Developing and reporting on metrics of beneficial use; 3) An ecosystem model for the Hamilton Harbour AOC; 4) Development of ecosystem recovery strategies for species at risk and understanding the role of critical habitat; 5) Evaluating restoration goals with ecosystem models.

B. The Strait of Georgia and ecosystem-based management

More than two-thirds of the population of British Columbia is concentrated on the lower mainland and on southern Vancouver Island, on either side of the Strait of Georgia. In the next 20 years, this population of just over 2.7 million people (2001 Census) is forecast to grow 30 percent or more. Already a heavily used waterway, the Strait of Georgia is "the most at-risk natural environment in Canada," according to Parks Canada.

Benefits of the ecosystem approach

The ecosystem approach to management focuses on the causes and the consequences of change to the species in the strait. In the Strait of Georgia, this approach must account for the natural ecosystem changes to plants and animals, some of which may occur rapidly, as well as impacts caused by fishing, increased population, industry, pollution, and greater recreational use.

Advice with greater ecosystem content might include using trends in temperature, salinity, winds, and freshwater flows into the strait to identify how the strait is changing and what the changes mean for harvests. Simple measures of the timing of plankton production may be key indicators of future trends in abundance of herring, Pacific hake, coho, Chinook, sockeye, chum, and pink salmon. Increasing bottom temperatures, particularly in the winter, may influence advice on Pacific cod and perhaps other species through its effects on spawning. Ecosystem science provides managers with more information about the factors that affect the abundances of particular species. This information should help managers and clients understand better the need for conservation during unfavourable environments, as well as the opportunities for fishing during favourable conditions.

A successful ecosystem management approach means that stewardship will improve, even as the strait continues to change. Canadians will gauge the success of the approach by the overall health of the species in the ecosystem.

Ecosystem challenges in the Strait of Georgia

The strait is a major rearing area for juvenile Pacific salmon that traditionally contribute about 35 to 40 percent of the total Pacific salmon catch. Pacific herring in the strait are currently at historic high levels, amounting to 60 to 70 percent of the total annual B.C. herring catch over the past five years. There are major commercial fisheries for Dungeness crab, spot prawns, geoducks, and sea urchins, representing about 35 percent of the total billion-dollar B.C. shellfish industry in 2005.

Pacific hake, the largest biomass of fish, have become so numerous in recent years that their growth has been stunted. Spiny dogfish, a long-lived and slow-growing species, are widespread and abundant. Even though they are not highly esteemed by humans, they may play an important role in the balance of nature in the strait. Historically, lingcod was a major predator, but severe over-fishing has reduced their abundance and the impact of their predation. Pacific cod was also an important species in earlier decades, but they have almost disappeared in recent years, probably because of the increased temperatures in their spawning areas. Seal and sea lion populations have significantly increased in the past 20 years. These changes in fish and marine mammal populations mean that predation relationships have changed greatly in the strait's ecosystem over the past two decades.

Less favourable conditions in the strait for coho salmon are reflected in the marine survival of the species, which has been nearly an order of magnitude lower in the 1990s than it was in the 1960s and 1970s. The natural changes have implications for sustainable exploitation rates, rebuilding strategies and targets, and hatchery operations. During periods of low productivity such as the present, exploitation rates must be low to be sustainable, recovery of depleted populations will be difficult, and there may be greater competition between hatchery-reared coho and wild chum. Science advice attuned to ecosystem status is crucial for all of those management and policy activities.

The Strait of Georgia traditionally supported one of the major recreational fisheries in Canada. There are still sport fisheries for salmon, rockfish, and some other species, but the large fishery for coho salmon collapsed when coho changed their behaviour in the mid-1990s and no longer were found in the strait in the spring and summer prior to spawning.

The strait has warmed about 1°C in the past 100 years and 0.3°C in the past 25 years, and could increase another 2°C in the next 50 years. There is also an indication that salinity in the deeper water is declining. Flows from the Fraser River are expected to continue to change, with increased flows in the late winter and decreased flows in the summer. In six of the last 15 years, river temperatures have sometimes exceeded the lethal levels for salmon migrating to their spawning grounds. The pattern and amount of Fraser River flows also indirectly provide most of the nutrients to the Strait of Georgia by drawing nutrient-rich, deeper, open ocean water into the strait. Winds, sunlight, and nutrients combine to produce the plankton that feeds the juvenile fish and shellfish. Winds in the spring may be weakening, which would reduce plankton production after the initial bloom. In recent years, it appears that fish that begin feeding earlier survive better than fish that begin feeding later, as evidenced by the high abundances of pink and chum salmon and the low abundances of coho salmon.

The ecosystem approach also takes into account the impact on migratory species that reside temporarily in the area. Besides the large resident populations of seabirds, ducks, and geese, the Strait of Georgia is a vital stopover point in the Pacific Flyway, a major bird migration route. The Fraser River estuary and Boundary Bay form the largest winter waterfowl resting area in North America.

C. Ecosystem-based approach for the Northumberland Strait

During the last century, human activities have likely caused important modifications to the unique environment of Northumberland Strait. In order to implement an ecosystem-based approach for the management of this water body, DFO initiated an Environmental Overview Assessment Report and has begun the process of integrating information from various sources (fisheries, scientific surveys, socio-economic studies) and making it available to stakeholders.

Northumberland Strait, separating Prince Edward Island from New Brunswick and Nova Scotia, is 225 km long and ranges from 14 to 48 km wide. It features Canada's warmest ocean water temperatures. Surface water temperatures reach about 10°C by early June, and 20°C to 23°C by late July. Estuarine temperatures are higher and rise more rapidly in the spring. Shallow depth causes strong tidal currents, mixing of the water column from surface to bottom, turbulence, and a high concentration of suspended red silt and clay. Between December and April, sea ice generally covers the strait to thicknesses up to 120 cm, and water temperatures fall to about -1°C. The strait is less than 20 m deep over a large central area and about 70 m deep at its ends. About 140,000 inhabitants (2001 Census) in 55 communities reside along the strait.

Northumberland Strait is a dynamic, productive ecosystem. Lobster is the most valuable fishery in this rich fishing ground, which is one of Canada's most densely fished areas, with more than 2,000 fishing enterprises. Important species in the strait include lobster, scallop, herring, rock crab, American plaice, mackerel, tuna, cod, winter flounder, white hake, alewife, silversides, smelt, oyster, mussel, quahog, soft shell clam, and Irish moss. Grey and harbour seals are found year-round in nearshore areas. Whales and porpoises enter the area in spring, feed through the summer, and leave in winter. Pipefish, a member of the seahorse family, are common in the warm estuaries. Some non-native species were likely introduced by the earliest European explorers, but new arrivals, such as green crab, several species of algae, and four species of tunicate have the potential for serious environmental and economic consequences. Aquaculture of mussels and oysters is practised in estuaries on both sides of the strait. Because of the warm summer water temperatures and sandy beaches, waterfront real estate is very valuable. There are several parks along the strait and recreational boating and fishing are popular.

Stakeholders express concern for the future of Northumberland Strait

Stakeholders have expressed themselves on a variety of ecosystem issues. Fishers have stated that there have been steep declines in several key commercial species that have worsened in recent years and can be attributed in part to changes in the environment, the construction of Confederation Bridge, and fishing practices, such as dragging. They are concerned about the loss of fishing enterprises, unemployment, out-migration of young people, falling living standards, and loss of socio-economic viability for many coastal communities.

Other stakeholders express similar concerns about the future of commercial, cultural, and recreational activities occurring in and along the strait. They report that water quality is deteriorating at an accelerating rate. They note dramatic increases in the build-up of sediment and the presence of suspended solids, and feel that these changes are impacting fish populations and habitat in the strait, its many estuaries, and its drainage basins. They also refer to increased nutrients and contaminants from land-based activities, like intensive agriculture; to effluents from industries, fish plants, and municipalities that contribute to the problem of eutrophication; and to infilling and construction of cottages that contribute to shoreline erosion and destruction of wetlands.

D. The Whole Lake Aquaculture Experiment: An example of ecosystem-based science

Most of Canada's aquaculture is marine-based, but there is increasing interest in the potential for commercial freshwater aquaculture, or fish farming, to provide protein for human consumption. At the Experimental Lakes Area (ELA) in northwestern Ontario, DFO researchers are conducting a whole-ecosystem study, collecting data before and after the installation of a fish farm, which will yield an unparalleled data set to assess the impacts of freshwater cage aquaculture using current industry practices.

The detailed study of processes and mechanisms will provide the basis for modelling and extrapolations to different systems. These data will be used to provide advice on site location and operation of current and future fish farms. Detailed understanding of the effects of freshwater aquaculture will help DFO to balance the potentially conflicting demands of fish farmers, cottagers, commercial, and recreational fishermen, all of whom impact fish habitat.

The study is quantifying the effects of aquaculture on water quality, primary production, sediments, and the composition and behaviour of native invertebrate and fish communities. A mass-balance approach along with measurement of stable sulphur, nitrogen, and carbon isotopes is being used to trace the movement of aquaculture-related waste materials through the ecosystem. The study lake, Lake 375, was studied for two years prior to the establishment of a small fish farm in 2003. DFO researchers are now following changes in key ecosystem variables in Lake 375 and a nearby reference lake, Lake 373, for which there is long-term reference data. In conjunction with these studies, a parallel set of observational data are being collected from active fish farms in Georgian Bay, Lake Huron, and in Lake Diefenbaker, Saskatchewan. These data will be used to develop models scaling the results from Lake 375 to larger systems currently used for aquaculture operations.

Since 2003, approximately 10,000 rainbow trout have been introduced every May and raised in the farm cage located in Lake 375. Changes in the size of cultured trout in relation to water temperature, nutrient retention by the farmed fish, and digestibility are carefully monitored to model waste production. Waste production and delivery to the sediments is also being determined directly, using a network of sediment traps located below the cage and throughout the lake. A mass balance model is being constructed to quantify the fate of phosphorus, carbon, and nitrogen added to the ecosystem by the fish farm.

In both Lakes 375 and 373, changes in water quality are being followed by bi-weekly sampling of water chemistry (including all major nutrients), carbon 14 (C14) primary production, and phytoplankton and bacterial biomass, algal physiological nutrient status, and community composition. An array of periphyton trays located around the lake is being used to assess the spatial distribution of nutrient-related effects on algal growth. Similar measurements on algal species composition, productivity, and physiological status are being taken in the littoral zone. Changes in the abundance and spatial distribution of zooplankton and larger planktonic invertebrates, including *Mysis* and *Chaoborus*, are being undertaken bi-weekly.

The impacts of the fish farm on sediments and their associated biota are being assessed by regularly collecting samples along a transect extending out from the cage every spring and fall and, on a larger spatial scale, through bi-weekly sampling of sediments throughout both the experimental and reference lakes.

Little is known about whether aquaculture waste can be used as a novel energy source by native biota such as fish and invertebrates. Waste generated from the aquaculture operation has a unique stable isotopic signature, and changes in these signatures in Lake 375 biota indicate the degree to which the lake ecosystem incorporates aquaculture waste.

Changes in the abundance and growth of native fish populations in Lakes 375 and 373 are being monitored by sampling twice a year. Almost all fish are returned live to the lakes. DFO researchers are placing small radio-linked acoustic transmitters in native fish to track fish movements and behaviour before and after the cage installation. Transmitters are also placed in 5–10 rainbow trout each year that are subsequently released into Lake 375 to mimic and better understand the behaviour of "escapees." Changes in the distribution of minnows are also being followed by intensive sampling at different locations around Lake 375.

E. Lower St. Lawrence Estuary

There is a definitive requirement for the development of an ecosystem science framework to better understand and monitor the interactions between the ecosystem components and changes resulting from increased human pressures in the Lower St. Lawrence Estuary (LSLE). The following overview provides context for this requirement.

The LSLE extends from the mouth of the Saguenay Fjord downstream to Pointe-des-Monts, Quebec. It is a critical area within the estuary and Gulf of St. Lawrence ecosystem. The most important mechanisms occurring in the LSLE are the intense tidally induced mixing between fresh water and salt water, and upwelling at the head of Laurentian Channel, which is also known as the nutrient pump. Relatively nutrient-rich water of the intermediate layer is also mixed into the surface layer by entrainment with the St. Lawrence River water, and both form the Gaspé Current that transports nutrients along the Magdalen Shallows toward Cabot Strait. These hydrographic processes are responsible for the high biological production as far as the southern Gulf. In addition, the high production in the LSLE supports an abundant zooplankton community, although a large proportion of the bio-

mass found locally results from advective transport in deep waters. The resulting accumulation of zooplankton biomass and associated occurrence of pelagic fish at the head of the Laurentian Channel represents a highly important food source for marine mammals summering in the LSLE, including several species at risk, such as the beluga population of the St. Lawrence Estuary and the blue whale.

Tracking the impact of ecosystem stressors to the Lower St. Lawrence Estuary

The LSLE is also subjected to a wide variety of human uses and related stressors that pose a significant threat to the integrity of physico-chemical and biological processes occurring in this area, with potential implications for their downstream influence on productivity in the southern Gulf of the St. Lawrence. These include:

- the accumulation of contaminants originating from the Great Lakes and St. Lawrence River in sediments of the Laurentian Channel;
- hypoxia conditions in deep waters of the Laurentian Channel, which have been increasing since the 1930s as a result of climate change and eutrophication in the St. Lawrence Estuary;
- marine mammal disturbance resulting from intense commercial navigation, increasing marine mammal observation activities, and a growing interest in oil and gas exploration (seismic surveys) in the LSLE; and
- freshwater input modulations related to water level management in the St. Lawrence Seaway, hydroelectric development, and climate change (precipitation).

The specific and combined impacts of these various activities and pressures are not well understood, and innovative approaches are required to address these issues given the complexity of physico-chemical and biological processes occurring in the area, and potential interactions between the various stressors in influencing these processes.

F. The Fundy Isles (SW New Brunswick Bay of Fundy) case study

The Fundy Isles region of the mouth of the Bay of Fundy is exceptional in its productivity, spectrum of marine habitats, and biodiversity. The region has been historically significant in its fisheries for herring, lobster, scallop, and groundfish, and in recent decades it has become the centre of the substantial Atlantic marine finfish aquaculture industry. More recently there has been renewed interest in energy-related developments in the area, including in-stream tidal power generation and proposals for liquefied natural gas (LNG) terminals. It is an area inhabited by several species with designation under the *Species at Risk Act* (including right whale, inner Bay of Fundy salmon, and harbour porpoise), and includes one of the first marine protected areas (Musquash).

The mouth of the Bay of Fundy, particularly the Fundy Isles region, is an obvious case study for implementation of an ecosystem-based management approach. The Fundy Isles region is an area of intense overlap in ocean uses. There are a number of significant interactions among uses and examples of multiple uses impacting valued ecosystem components. The area is the subject of an experiment in integrated management through the southwestern New Brunswick Marine Resource planning initiative. Further, the Fundy Isles are adjacent to the border with the United States, providing an opportunity for consideration of transboundary/international governance issues.

The St. Andrews Biological Station (SABS) was built in the Fundy Isles a century ago in large part because of the diverse marine habitats and proximity to important fisheries, and it has accumulated a substantial understanding of the area. SABS has recently realigned its activities to focus on the science required for integrated coastal zone management and approaches to the application of ecosystem-based management. SABS has reorganized to explicitly integrate fisheries (Population Ecology), Environmental Science, Oceanography, and Aquaculture sections under the working theme "Integrated science for integrated management" to anticipate and to provide the science required for evolving management of the Bay of Fundy/Gulf of Maine.

SABS research on the science required for an operational ecosystem-based approach involves developing and demonstrating concepts, comparing approaches, and providing advice. The scope of the research includes:

- research and advice on indicators and reference points for the broader suite of operational objectives (tactics) required of management plans under an ecosystem-based approach;
- methods to estimate the cumulative impact of various activities in relation to conservation objectives (sum across management plans);
- research on the relevance of contextual indicators and impact of changing conditions on reference points;
- decision-support approaches and methods of integrating science information in support of decisions that are broader than individual management plans;
- scientific basis for advice in relation to depleted and sensitive species and for degraded and significant areas;
- approaches to monitoring in the coastal zone in relation to the evolving needs of an ecosystem-based approach; and
- research and advice on interactions among ocean uses, and between ocean uses and the biological elements of the ecosystem.

Recognizing the holistic nature of an ecosystem-based approach, SABS has increased collaboration with Oceans and Habitat, with Fisheries and Aquaculture Management, and with academic colleagues (specifically through a memorandum of understanding with University of New Brunswick and the Huntsman Marine Science Centre) to increase the scientific capacity in this study area.

G. Examples of DFO activities placed in an ecosystem context

The following examples demonstrate how key DFO initiatives can be reoriented to more broad-based and widely applicable Science support.

- **Cod recovery** — Although rebuilding many Atlantic cod stocks has been a priority over the past 15 years, progress has been slow. DFO has only partial knowledge of why depleted populations have failed to respond to rebuilding initiatives, which is hampering both rebuilding efforts and the department's credibility. We have learned that the productivity of cod stocks has changed and know some of the causes of the changes in productivity, but have not yet built a working knowledge of how the conditions of ocean climate (often referred to as "regimes") are related to the capacity to rebuild. We also know that the spatial distribution of cod has changed with the declines, but do not have the necessary understanding to accommodate the changes in recovery planning or relate them to changes in marine habitats. Natural mortality has increased in several stocks. Although evidence indicates seal predation may be a factor, we have insufficient knowledge of the factors causing changes in natural mortality to include those factors in our recovery planning. Cod Recovery Plans will be rule-based, formally or informally, in risk-structured programs. For these to succeed, the rule indicators and their corresponding objectives will have to be cost-effective for monitoring, and a reliable basis for management decision-making. While some of this knowledge may be consolidated into the integrated large ocean management area assessments, additional application-specific interpretation by DFO Science will be required to translate the assessments into fisheries recovery planning.
- **Wild Salmon Policy** — After several years of planning, the Wild Salmon Policy has been accepted as the starting point for conservation and management of Canadian west coast salmon stocks. Even more than with Atlantic cod, the role of the ocean environment has been shown to be important to the productivity and sustainable harvest levels of wild salmon and highly variable over longer time frames. This must be addressed in science advice in an ecosystem context. The complex life histories of Pacific wild salmon require greater information on habitat needs and habitat status, as well as knowledge of how spatial processes affect past and future population trajectories. Our knowledge of these factors is incomplete and what is known is not yet fully integrated into science advice in a way that provides for an ecosystem approach to wild salmon management. As with Atlantic cod, past recovery efforts of depleted population units have met with mixed results, for reasons that are only partly understood. To use the existing (but incomplete) knowledge again, good risk management tools with reliable "triggers" and control rules will be needed.
- **Aquaculture and environmental impacts** — Only recently has DFO Science begun to provide advice on the effects of cage aquaculture on marine ecosystems. Even at this early stage, there is a clear need for good risk management tools and informative indicators and decision-support rules. We are learning which parts of the marine ecosystem are most directly affected by aquaculture facilities and the major indirect effects. However, we need a better understanding of the implications of making alterations in different parts of those systems. Aquaculture advice needs to focus on places, rather than fish populations, so it can address things minimizing the undesired consequences of siting facilities. Aquaculture production, like productivity of wild populations, is occurring in an ever-changing environment. Effective science support needs to know how to interpret and apply monitoring information in the context of expected productivity and possible ecosystem effects.
- **Pathways of habitat effects** — Pathways of effects have been developed for a number of "in-water" activities, but DFO Science has not reviewed the basis for many of these pathways. Risk-based tools, applied spatially rather than on target populations, will be the cornerstones for science support. The tools will require good decision-support rules and informative indicators that take realistic account of the changes already inherent in aquatic habitats. Developing and validating decision-support rules, and their subsequent application, will also require access to types of data not traditionally used to provide advice on populations. DFO Habitat Management has used the pathways-of-effects approach to focus attention on the highest risks and the greatest potential impacts. Realizing these goals, however, requires greatly improving our knowledge of which parts of aquatic ecosystems are most crucial for health and productivity.
- **Oil and gas exploration, and development in the North** — Hydrocarbon exploration and development in the North characterize the challenges the department faces when balancing the potential benefits of commercial activities against the potential costs of "worst-case" scenario ecosystem effects. These challenges can only

be met if we have clear objectives, good risk evaluation, and management tools that are based on reliable indicators, and effective rule-based management strategies. Advice will have to be robust both spatially and in terms of populations. With limited site-specific information for most of the Arctic, it will be essential to know what parts of the ecosystem are most crucial for monitoring impacts and for ensuring that impacts of these activities are managed in a precautionary (but not prohibitive) framework.

- **Stock assessment** — The ecosystem approach changes science support in traditional areas such as stock assessment for fisheries management, just as the ecosystem approach is changing fisheries management itself. Changes include the need for rule-based and risk-based management strategies using reliable indicators, broadening the basis for science advice to include the regime status of the environment, and applying knowledge of how stock productivity is expected to change with population demographics and environmental conditions. It will also be necessary to assess status and trends of some non-commercial species such as species taken as by-catch in fisheries and benthic ecosystem components important for roles in providing habitat or food for other species. Both objectives and management strategies will have to be rethought to place fisheries management in the same spatial context as the other human activities simultaneously affecting the ecosystem.

Pêches et Océans Canada
Fisheries and Oceans Canada

Pour un nouveau cadre scientifique écosystémique

en faveur d'une gestion intégrée

Canada

Publié par :

Direction générale des communications
Pêches et Océans Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0E6

MPO/2007-1296

© Sa majesté la Reine du Chef du Canada 2007

N° cat. Fs23-521/2007
ISBN 978-0-662-69833-3

N° cat. Fs23-521/2007F-PDF
ISBN 978-0-662-09605-4

Table des matières

Introduction 1

Définition d'un écosystème aquatique 1

Définition des sciences écosystémiques 2

Raison d'être de l'approche fondée sur les sciences écosystémiques 2

Avantages et défis liés à l'adoption d'une approche fondée sur les sciences écosystémiques 4

Avantages 4

Défis 4

But du cadre scientifique écosystémique 4

Cadre scientifique écosystémique 5

1 Outils d'évaluation des risques 5

2 Évaluation du rendement des indicateurs écosystémiques 5

3 Outils d'évaluation des règles d'aide aux décisions 5

4 Opérationalisation des changements de régime 5

5 Application des connaissances aux changements de productivité 6

6 Potentiel de rétablissement des espèces décimées 6

7 Principales caractéristiques de la structure et des fonctions écosystémiques 6

8 Méthodes de gestion des informations spatiales et de l'accès aux connaissances 6

9 Pratiques exemplaires pour les évaluations écosystémiques 7

Conclusion 7

Annexes 8

A. Gestion de l'écosystème des Grands Lacs 8

B. Gestion écosystémique du détroit de Georgia 10

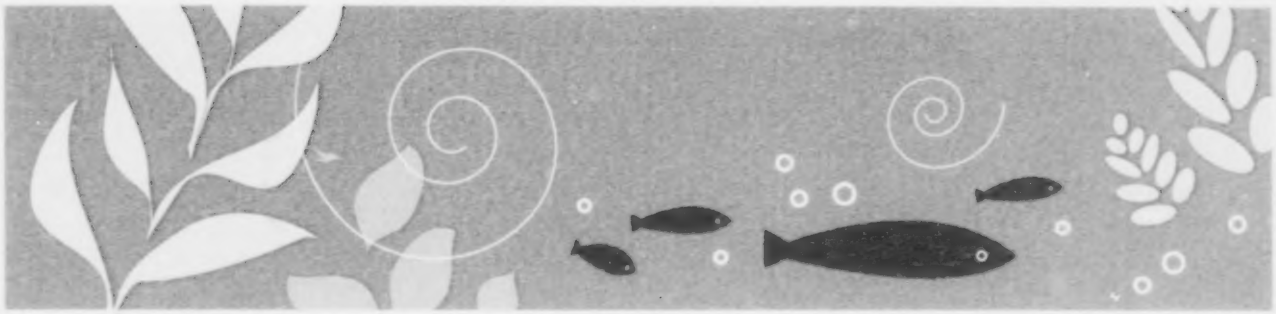
C. Approche écosystémique du détroit de Northumberland 12

D. Expérience de l'aquaculture panlacustre : les sciences écosystémiques à l'œuvre 13

E. Estuaire maritime du Saint-Laurent 14

F. Îles de Fundy (baie de Fundy, sud-ouest du Nouveau-Brunswick): Étude de cas d'une gestion écosystémique 14

G. Exemples d'activités du MPO mises dans un contexte de gestion écosystémique 15



Introduction

Le Secteur des sciences du Ministère des Pêches et des Océans (MPO) travaille au développement d'un programme des sciences aquatiques qui soit dynamique, viable et fondé sur l'excellence et ce, tout en continuant à appuyer les priorités du MPO et du gouvernement du Canada et à mieux servir les citoyens canadiens. Bien que les demandes d'avis, de produits et de services scientifiques augmentent et deviennent de plus en plus complexes, la capacité et les ressources scientifiques pour répondre à ces demandes ne sont pas suffisantes. Par conséquent, l'orientation des activités du Secteur des sciences du MPO vers les priorités scientifiques actuelles et nouvelles, tant au sein du Ministère qu'à l'échelle de l'administration fédérale, constitue un défi de taille.

Le Conseil de gestion des sciences (CGS), établi en 2005, a comme mandat de fournir une orientation stratégique au programme du Secteur des sciences du MPO, de cerner les problèmes qui nuisent à la capacité du MPO d'atteindre ses objectifs aux termes de son mandat et de sélectionner les priorités qui requièrent le soutien du Secteur des sciences. Lors de sa première réunion en octobre 2005, le CGS a confirmé que la priorité primordiale du Secteur des sciences du MPO était d'offrir un appui scientifique à la gestion écosystémique. Pour ce faire, le Secteur des sciences du MPO a besoin d'un cadre pour réorienter ses ressources et assurer la viabilité à long terme des programmes de gestion des données et de surveillance, et pour maximiser la souplesse dans le domaine de la recherche et de l'offre de produits et de services et, en particulier, d'avis scientifiques pour répondre aux besoins de changements.

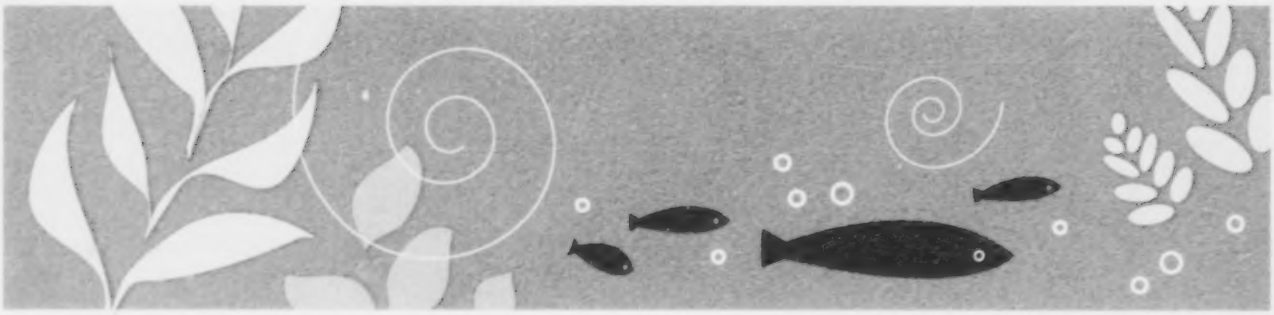
Le présent document explique la raison d'être d'une approche fondée sur les sciences écosystémiques et décrit le cadre proposé pour orienter le programme du Secteur des sciences du MPO en vue de soutenir une approche écosystémique de la gestion et de mieux refléter le programme des sciences écosystémiques.

Définition d'un écosystème aquatique

Un écosystème est un système défini géographiquement qui comprend tous les organismes vivants (les humains, les plantes, les animaux et les micro-organismes), les environnements physique, chimique et climatique, ainsi que les processus qui contrôlent la dynamique du système. L'interaction des organismes dans un écosystème est dynamique et sujette aux perturbations internes et externes. Par conséquent, il est possible que les relations des organismes dans un écosystème changent au fil du temps.

Bien que les écosystèmes aquatiques puissent être séparés par des barrières géographiques, comme dans le cas des lacs, des bassins hydrographiques et des baies isolées, ces écosystèmes se mélangent souvent les uns aux autres en raison des limites poreuses établies par les courants, les caractéristiques du fond marin et les masses d'eau. Les écosystèmes aquatiques peuvent également se loger dans de plus grands écosystèmes.

La portée d'un écosystème dépend de la nature de l'examen. Selon le problème, on peut effectuer l'examen d'un étang en tant qu'écosystème distinct ou comme faisant partie de l'écosystème d'un bassin hydrographique. De la même façon, on peut étudier une baie littorale pour sa propre dynamique ou en tant que partie d'une plate-forme littorale ou d'un vaste écosystème marin où vivent les baleines migratrices.



Définition des sciences écosystémiques

Les sciences écosystémiques utilisent une approche générale pour étudier les relations et les interactions dans un écosystème et elles intègrent les résultats scientifiques pour fournir une base scientifique solide à l'élaboration des politiques et des programmes.

Comme il est impossible d'étudier et de comprendre tous les processus et relations dans un écosystème, les sciences écosystémiques se concentrent sur l'identification et la compréhension des principales relations dans la nature et leurs liens avec les activités et les besoins anthropiques.

Raison d'être de l'approche fondée sur les sciences écosystémiques

Les écosystèmes aquatiques sont de plus en plus touchés par les activités anthropiques. Limiter les dommages possibles et rendre les activités anthropiques plus viables est un défi de taille pour les décideurs et les gestionnaires qui, à leur tour, s'appuient sur les avis scientifiques pour prendre leurs décisions.

Les sciences écosystémiques sont la base scientifique requise pour soutenir la gestion intégrée de diverses activités humaines telles que la pêche, l'aquaculture, le transport et l'exploration pétrolière et gazière, qui sont régulièrement entreprises dans la même région. Les sciences écosystémiques fournissent des avis essentiels aux décideurs chargés de la gestion des pêches, de l'aquaculture, de l'habitat, des ressources océaniques et du rétablissement des espèces en péril sur la façon dont ces activités interagissent et nuisent aux écosystèmes aquatiques. Nous avons besoin des sciences écosystémiques pour informer les responsables des pratiques de gestion et des politiques du Ministère et pour déterminer les caractéristiques essentielles des activités scientifiques.

- ***La recherche*** doit mener à l'approfondissement des connaissances sur les principales relations écosystémiques et leurs liens avec les activités anthropiques. La recherche doit s'étendre, de façon générale, à toutes les responsabilités ministérielles.
- ***La surveillance*** et la ***gestion de l'information et des données*** devraient permettre la production de ***produits*** et ***services*** écosystémiques utiles pour tous les secteurs ministériels.
- ***Les avis scientifiques*** devraient être fournis dans le cadre d'une perspective écosystémique en plus d'être intégrés à l'ensemble des secteurs clients.

L'adoption d'une approche écosystémique signifie que le MPO doit changer sa façon de fournir un soutien scientifique, et non simplement redistribuer des ressources limitées. Traditionnellement, le Secteur des sciences du MPO appuyait la gestion des activités anthropiques de façon ponctuelle et concentrait ses efforts sur les objectifs cibles de chacune de ces activités (p. ex., les espèces cibles d'une pêcherie). Des événements majeurs, comme l'effondrement et le non-rétablissement des stocks de poisson de fond du Canada atlantique et les variations importantes des remontées de saumon dans l'Ouest canadien, ont montré que cette approche était insuffisante.

Le Secteur des sciences du MPO ne peut plus se concentrer essentiellement sur la cueillette d'information et l'analyse des composants écosystémiques étroitement liés aux activités individuelles. Les chercheurs doivent fournir aux gestionnaires des avis écosystémiques détaillés au sujet des effets possibles des activités anthropiques sur d'autres activités entreprises dans le même écosystème aquatique, ou ils doivent tenir compte, de façon adéquate, des principaux facteurs environnementaux de l'écosystème.

Parallèlement, l'amélioration de la base des connaissances pour la gestion d'une activité permettra également d'accroître l'information disponible pour la gestion des autres activités dans cet écosystème. La gestion efficace de pêcheries, par exemple, requiert des connaissances sur l'écosystème aquatique qui vont bien au-delà de l'abondance des stocks de poisson et de la dynamique des populations. Un cadre écosystémique efficace profitera aussi bien à la gestion des activités individuelles qu'à la gestion de l'ensemble des activités regroupées.

Les huit axes prioritaires ci-dessous, identifiés par le CGS dans « Activités scientifiques à l'appui de la gestion écosystémique », donnent une structure solide pour l'élaboration d'un cadre scientifique écosystémique.

1 Définir des ***objectifs*** clairs de surveillance et de protection.

2 Élaborer des ***indicateurs écosystémiques*** et des systèmes de rapport.

3 Élaborer des ***cadres fondés sur le risque.***

4 Produire des ***informations écosystémiques intégrées pour la gestion des pêches.***

5 Déterminer les ***habitats d'importance spéciale*** et leur vulnérabilité.

6 Tenir compte de l'impact sur la ***biodiversité*** aquatique (y compris les espèces en péril et les espèces envahissantes).

7 Comprendre les ***cheminements des effets*** et leur influence sur l'évolution des écosystèmes.

8 Comprendre la ***variabilité du climat*** et ses répercussions sur les ressources.

Comme le montre le *tableau 1*, les huit axes sont communs aux secteurs de programmes du MPO qui requièrent un soutien scientifique (Gestion des pêches, Aquaculture, Gestion des océans, Gestion de l'habitat et Espèces en péril) et jouent un rôle important dans la gestion intégrée des activités anthropiques dans les écosystèmes aquatiques.

L'approche écosystémique est conforme aux tendances mondiales, aussi bien dans les pays que dans les organismes de recherche. La Commission européenne procède actuellement à une consultation sur une stratégie européenne globale sur les mers qui fait appel à une approche écosystémique pour la gestion intégrée des activités humaines en mer. Le Conseil international pour l'exploration de la mer procède à la restructuration de ses groupes d'experts pour qu'ils se concentrent sur l'évaluation des écosystèmes intégrés, et de ses comités consultatifs pour qu'ils fournissent des avis intégrés aux pêcheries, aux organismes environnementaux et aux commissions. L'équipe de la National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) des États-Unis chargée de l'examen des écosystèmes recommande que la science marine de la NOAA revienne aux évaluations régionales intégrées comme point de départ du soutien et des avis qu'elle offre à ses clients gestionnaires des ressources (conseils des pêcheries, gestionnaires de sanctuaires, planificateurs de la zone côtière).

Tableau 1 – Illustration du soutien commun apporté par chacun des axes prioritaires des sciences écosystémiques aux principaux clients du Secteur des sciences du MPO

Secteurs des sciences écosystémiques	Pêches	Aquaculture	Océans	Habitat	Espèces en péril
1 Objectifs écosytémiques	1	1	1	1	1
2 Indicateurs écosytémiques	1	1	1	1	1
3 Cadre fondé sur les risques	1	1	1	1	1
4 Informations écosytémiques intégrées pour la gestion des pêches	1	2	2	3	1
5 Habitats d'importance spéciale	2	2	1	1	1
6 Biodiversité	1	1	1	1	1
7 Cheminement des effets sur l'habitat	2	2	2	1	2
8 Variabilité du climat et ses effets	1	2	1	2	1

(1 = soutien direct et immédiat; 2 = avantages indirects mais immédiats pour les clients, issus des progrès réalisés par le Secteur des sciences; 3 = avantages indirects à long terme)

Avantages et défis liés à l'adoption d'une approche fondée sur les sciences écosystémiques

Avantages

Une approche fondée sur les sciences écosystémiques permettrait au Secteur des sciences du MPO de cerner, de surveiller et d'interpréter les tendances des caractéristiques les plus importantes de la viabilité d'un écosystème et d'y intégrer les connaissances les plus récentes sur les répercussions des activités anthropiques comme les pêcheries, l'aquaculture, la gestion de l'habitat et les activités océaniques. Une telle approche mettrait aussi au jour les lacunes à combler dans les connaissances et favoriserait le regroupement de spécialistes afin que le Secteur des sciences du MPO puisse élaborer des avis fondés sur une meilleure compréhension de ces caractéristiques (qui varient de façon naturelle et en réaction aux activités anthropiques) et puisse fournir des avis scientifiques intégrés et cohérents aux gestionnaires dans tous les secteurs.

Au lieu de reproduire la capacité scientifique interne actuelle, le soutien et les avis du Secteur des sciences du MPO permettront de faire un meilleur usage de cette capacité appliquée à un large éventail de domaines, de prendre appui sur un effectif souple et dynamique et de tenir compte de l'évolution des approches internationales en matière de sciences des eaux marines et douces. Cela permettra aussi d'augmenter la confiance et la crédibilité auprès des clients, de l'industrie et des intervenants en plus de rendre le nouveau programme du Secteur des sciences plus efficace, plus cohérent et moins complexe.

Défis

La mise en œuvre d'une approche écosystémique efficace oblige le MPO à repenser son organisation traditionnelle. Le Ministère doit abandonner le concept du chercheur affecté à une seule activité de gestion au profit du travail en équipe, qui permet de regrouper un vaste éventail de compétences. Avec l'approche écosystémique, le Ministère devra modifier la composition de l'effectif du programme scientifique et créer des bases de connaissances améliorées et interactives, capables de soutenir la gestion des pêches, de l'aquaculture, de l'habitat et des océans.

Les intervenants et les clients, qui ont besoin d'un soutien et d'avis scientifiques adaptés, en sont venus à compter sur l'approche traditionnelle axée sur une seule activité et leurs demandes de produits et de services sont de plus en plus spécialisées. Il faudra les aider à comprendre l'approche écosystémique, y compris les avantages qu'ils peuvent en tirer sous la forme d'avis plus judicieux pour guider leurs décisions. La participation des clients et des chercheurs du programme du Secteur des sciences du MPO (y compris les secteurs du MPO, les autres ministères fédéraux, l'industrie et les intervenants) au processus de transition vers une approche écosystémique sera un élément essentiel de la stratégie du MPO.

Le manque de ressources humaines et financières est un problème constant pour le programme du Secteur des sciences du MPO à l'instar des programmes de sciences aquatiques dans le monde entier. Les demandes d'avis et de soutien scientifiques continueront d'excéder la capacité du programme et ce, même quand le soutien sera mieux intégré.

But du cadre scientifique écosystémique

Bien que le Secteur des sciences du MPO tente actuellement de coordonner la prestation de ses fonctions, les besoins de chaque secteur de programme ont évolué de façon distincte au sein du Ministère, de sorte que le Secteur des sciences du MPO fournit des produits sur mesure à chacun de ces cinq programmes clients principaux. Or, il ne peut plus être un programme différent pour chaque client.

Le Secteur des sciences du MPO élabore actuellement un cadre scientifique écosystémique qui intégrera les avis et le soutien et sera en mesure de fournir aux décideurs un soutien efficace tout en dépassant les limites imposées par la gestion des activités individuelles. En plus d'intégrer les connaissances actuelles sur la dynamique écosystémique et l'effet des activités anthropiques sur cette dynamique, le cadre évalue les aspects les plus importants de l'écosystème et interprète les tendances de telle sorte qu'on peut en appliquer les résultats à l'évaluation des risques et à la gestion des activités anthropiques dans les écosystèmes aquatiques.

Au départ, il se peut que les secteurs clients attribuent la baisse de produits scientifiques sur mesure à une réduction du soutien scientifique, mais, de fait, ils recevront un soutien scientifique amélioré. Le cadre scientifique écosystémique aidera le Secteur des sciences du MPO à établir les liens entre les secteurs de programme, à moderniser la mise en œuvre des programmes et à offrir un soutien à l'élaboration et à la gestion de politiques intégrées. De tels avis scientifiques rendront les politiques et les activités de gestion plus générales, plus souples et applicables dans une gamme de conditions. L'approche écosystémique permettra à tout le Ministère de suivre une seule et même voie pour l'avenir. Par conséquent, un cadre scientifique écosystémique est essentiel pour pouvoir tracer cette voie ensemble.

Guidé par la communité des besoins des secteurs clients, le cadre scientifique écosystémique fournit des produits multifonctionnels. Bien entendu, certaines activités importantes du Secteur des sciences du MPO ne sont pas incluses dans ce cadre, comme les initiatives menées à l'appui de la sécurité et de la souveraineté maritimes. Ces dernières continueront de se conformer aux priorités ministérielles.

Cadre scientifique écosystémique

Le Secteur des sciences du MPO a cerné un certain nombre de composants clés qui constitueront la base du cadre scientifique écosystémique. Ces composants représentent les défis les plus importants en matière de gestion et de politiques du Ministère et du gouvernement du Canada et montrent la nature multifonctionnelle d'une approche fondée sur les sciences écosystémiques.

1 Outils d'évaluation des risques

- **Conception d'outils souples d'évaluation des risques pour fournir des avis scientifiques axés sur les risques dans la formulation des politiques et la gestion**

Toutes les activités touchant les politiques et la gestion requièrent des outils de gestion des risques, des outils de quantification des risques et des outils d'aide à la décision fondés sur le risque qui sont pratiques et facilement applicables. Il est possible de développer et de mettre en œuvre des outils souples d'évaluation des risques à court terme, ce qui permettra à tous les secteurs de programmes de bénéficier de l'utilisation plus efficace des connaissances écosystémiques, quelles qu'elles soient, qui existent pour une activité et un domaine particuliers.

2 Évaluation du rendement des indicateurs écosystémiques

- **Élaboration d'outils pour mesurer l'utilité des indicateurs écosystémiques afin d'en faciliter la sélection**

Les décisions en matière de politiques et de gestion doivent être fondées sur des indicateurs fiables et axés sur les règles qui permettent de formuler en temps opportun des avis justes, stables et aussi détaillés qu'il le faut – que ces avis concernent une espèce en particulier d'une région précise ou une solution générale, ou qu'ils aient besoin d'une révision régulière suivant l'évolution des circonstances ou qu'ils restent longtemps valables. Conformément à cette approche de gestion fondée sur les objectifs, le Secteur des sciences du MPO a concentré beaucoup d'efforts à la conception et à l'application des indicateurs écosystémiques qui devraient servir de fondement à l'approche écosystémique. Le Secteur des sciences, ainsi que des spécialistes des sciences, de la gestion et des politiques, étudient actuellement plusieurs ensembles d'indicateurs écosystémiques, mais ils n'ont pas encore élaboré d'outils d'évaluation efficaces et largement applicables de l'utilité des indicateurs écosystémiques dans des contextes concrets, de sorte la sélection d'indicateurs ne peut s'appuyer sur des données scientifiques probantes. Pourtant, les connaissances requises pour la conception et l'adoption rapides d'indicateurs reconnus pour leur fiabilité en situation opérationnelle existent déjà.

3 Outils d'évaluation des règles d'aide aux décisions

- **Systématisation de la production de systèmes de gestion axés sur les règles en vue d'accélérer le soutien des règles de gestion des pêches**

Les équipes travaillant dans les secteurs des sciences, des politiques et de la gestion sont en voie d'acquérir de l'expérience dans l'élaboration de règles de soutien décisionnel stratégiques et opérationnelles, mais les progrès sont lents parce que chaque règle est élaborée pour une application spécifique. Le défi consiste à évaluer la solidité de ces règles pour ce qui est d'atteindre les objectifs déclarés malgré les incertitudes. Les connaissances requises pour concevoir des méthodes générales et souples pour vérifier la qualité des propositions de gestion fondée sur des règles existent déjà, et de grands progrès peuvent être faits à court terme. Toutefois, des recherches à plus long terme sont nécessaires pour arriver à des règles de gestion efficaces, applicables dans des environnements variables.

4 Opérationalisation des changements de régime

- **Opérationalisation du concept de changement de régime écologique pour étudier les grands bouleversements, comme le changement climatique**

Des travaux de recherche de calibre international, dont la plus grande partie a été menée au Canada, ont permis d'établir que les écosystèmes peuvent connaître plus d'un régime « naturel » et que les changements de régime écosystémique peuvent être soudains. Lors de tels bouleversements, il est parfois nécessaire de changer les stratégies de gestion des activités anthropiques si l'on veut continuer d'atteindre les mêmes objectifs écologiques, sociaux et économiques. Les changements de régime de grande envergure peuvent être dictés par des phénomènes climatiques atmosphériques ou par des changements majeurs dans les populations de prédateurs ou de proies. Quoiqu'il en soit, seuls de minces progrès ont été enregistrés dans l'étude des répercussions de la variabilité climatique et des effets écosystémiques de la surpêche. Un cadre scientifique écosystémique doit inclure le concept de l'opérationalisation des changements de régime écosystémique.

5 Application des connaissances aux changements de productivité

- **Regroupement des connaissances sur la productivité des stocks et des écosystèmes en vue d'appliquer les connaissances actuelles et nouvelles aux conseils sur la gestion**

Les recherches récentes nous ont sensibilisés davantage au fait que la productivité des poissons et des invertébrés faisant l'objet d'une pêche ou d'une culture commerciale peut varier considérablement et qu'une variation de la productivité peut avoir des répercussions importantes sur la gestion. On commence à disposer de connaissances appréciables sur les causes de ces variations, mais peu sont intégrées aux avis scientifiques sur les questions de politiques et de gestion. Un cadre scientifique écosystémique doit regrouper les connaissances existantes sur les variations dans la productivité des stocks et des écosystèmes, et formuler des approches pour veiller à ce que ces connaissances soient prises en compte dans les avis scientifiques. Les travaux sur l'opérationalisation des changements qui surviennent dans les régimes écosystémiques et la productivité des stocks se complètent, et si nous attaquons sérieusement ces deux axes de recherche, nous pouvons nous attendre à faire d'importants progrès à moyen terme. Les efforts déployés pour mettre ces connaissances en pratique pourraient également soulever d'autres questions d'ordre scientifique.

6 Potentiel de rétablissement des espèces décimées

- **Détermination des facteurs qui influent sur le rétablissement des populations décimées afin d'appuyer les efforts à long et à court terme de rétablissement des stocks**

L'intégration des connaissances sur les variations de la productivité des stocks aux politiques et aux pratiques de gestion contribuera en outre au rétablissement des populations décimées, qu'elles soient inscrites ou non à la liste prévue par la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) ou qu'elles aient été évaluées par le MPO comme devant faire l'objet de mesures de rétablissement. Actuellement, le rendement du Ministère dans le dossier du rétablissement des populations décimées est, au mieux, inégal, et les raisons de son succès dans certains cas et non dans d'autres sont mal comprises. Il est essentiel que toutes les activités du Ministère, en particulier celles qui sont visées par les dispositions de la LEP, exigent que des recherches écosystémiques soient menées pour éclaircir les facteurs qui agissent sur le potentiel de rétablissement des populations décimées. Il s'agit d'un travail de longue haleine, mais il devrait présenter des avantages de plus en plus nombreux au fil du temps pour tous les secteurs clients.

7 Principales caractéristiques de la structure et des fonctions écosystémiques

- **Description des principales composantes structurelles et fonctionnelles des écosystèmes pour décrire les objectifs et les indicateurs écosystémiques importants**

Il est essentiel que le processus d'établissement des objectifs se polarise sur les caractéristiques écosystémiques les plus importantes pour préserver la structure et les fonctions écosystémiques et sur celles qui sont le plus directement touchées par les activités anthropiques. Parallèlement, la vaste documentation scientifique qui existe sur la structure et les fonctions écosystémiques doit être traduite en approches pratiques et logiques pour identifier les éléments structurels et fonctionnels clés des écosystèmes aquatiques (comme les prédateurs ou les proies, les caractéristiques de l'habitat et même les propriétés fonctionnelles intégratives reflétant la résilience des communautés et les transferts d'énergie). La détermination des propriétés écosystémiques mesurables qui importent le plus pour la structure et les fonctions écosystémiques débouchera sur des indicateurs pratiques qui guideront les décideurs et les inciteront à prêter attention aux propriétés qui garantiront l'utilisation anthropique durable des écosystèmes.

8 Méthodes de gestion des informations spatiales et de l'accès aux connaissances

- **Exploitation, pour formuler les avis scientifiques, de l'information actuelle sur les habitats aquatiques et des informations spatiales pour tirer pleinement parti des bases de données et se concentrer sur des questions localisées**

À l'heure actuelle, le Ministère n'est guère équipé pour adopter une approche axée sur les sciences écosystémiques. Il lui manque des données sur plusieurs caractéristiques importantes des habitats aquatiques et certaines populations, et quand elles existent, ces données ne sont pas organisées de manière à en permettre un accès efficace et systématique. De son côté, la communauté scientifique internationale commence tout juste à acquérir les connaissances et les méthodes nécessaires pour répondre aux questions consultatives dans un contexte spatial, et le Secteur des sciences du MPO doit s'engager davantage dans ces intiatives. Ces composantes sont essentielles pour fournir des avis scientifiques plausibles à l'appui de la gestion écosystémique.

Le Secteur des sciences du MPO doit pouvoir accéder aux bases de données pertinentes qu'il ne possède pas déjà. Lorsque les données existent mais qu'elles n'ont pas été organisées de façon à les rendre accessibles, il faut créer des bases de données exploitables.

En l'absence de données essentielles sur l'habitat, il faut développer et mettre sur pied des méthodes pour recueillir et utiliser l'information. Ces tâches seront ardues, mais elles jouent un rôle essentiel dans une approche fondée sur les sciences écosystémiques.

9 Pratiques exemplaires pour les évaluations écosystémiques

- **Détermination des « pratiques exemplaires » d'évaluation des écosystèmes afin de soutenir une approche multifonctionnelle du Secteur des sciences du MPO**

Le Ministère a déjà préparé des évaluations écosystémiques intégrées de certaines zones étendues de gestion de l'océan (ZEGO). Certes, nous devons accroître notre capacité de faire des évaluations écosystémiques, mais il est tout aussi important d'analyser l'utilité de ces évaluations comme point de départ des avis scientifiques. Le but est d'identifier les pratiques exemplaires d'évaluation écosystémique et, par « exemplaires », on entend les évaluations qui présentent le caractère multifonctionnel nécessaire à l'approche axée sur les sciences écosystémiques.

Le *tableau 2* illustre les liens étroits entre les principaux composants du cadre scientifique écosystémique et les défis prioritaires qui se posent au CGS en matière de politique et de gestion, et fait ressortir la nature multifonctionnelle de l'approche fondée sur les sciences écosystémiques.

Toutes les initiatives futures du Secteur des sciences du MPO appuieront les huit axes prioritaires déterminés par le CGS et seront élaborées en fonction des principaux composants du cadre scientifique écosystémique.

Les initiatives à court terme (d'une durée de un à trois ans) permettront de renforcer l'état actuel des connaissances et les progrès scientifiques ainsi que d'obtenir des produits scientifiques spécifiques pour usage immédiat.

Les initiatives à moyen terme (d'une durée de trois à cinq ans) sous-entendent non seulement que des produits scientifiques multifonctionnels résulteront du regroupement des connaissances existantes, mais aussi que des produits de plus grande valeur pourront être offerts, si nous menons de nouveaux travaux scientifiques pour combler les lacunes spécifiques dans les connaissances.

Les initiatives à long terme (d'une durée de plus de cinq ans) devraient donner des résultats concrets aux secteurs clients tout au long de leur durée.

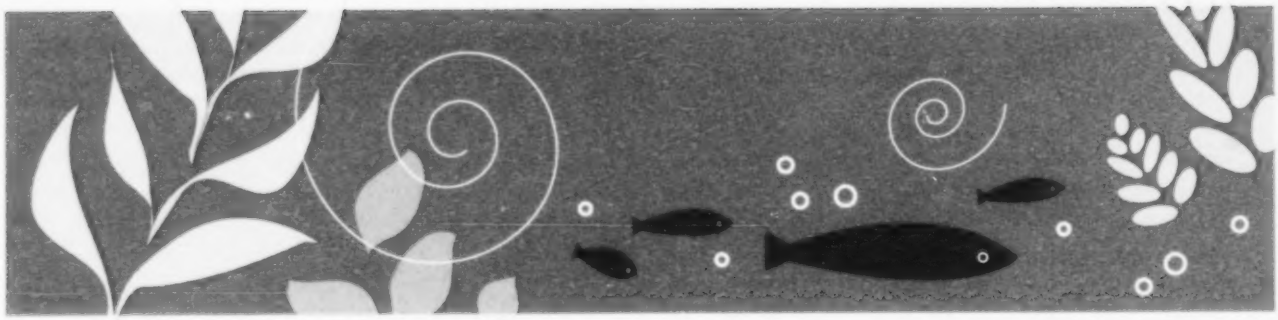
Conclusion

En résumé, le présent document explique la raison d'être d'une approche fondée sur les sciences écosystémiques et décrit le cadre proposé pour orienter le programme du Secteur des sciences du MPO en vue de soutenir une approche écosystémique de la gestion et de mieux refléter le programme des sciences écosystémiques.

Tableau 2 – Illustration de la multifonctionnalité des principaux composants selon les axes prioritaires du CGS pour les sciences écosystémiques

Axes prioritaires / Composants du cadre	Objectifs écosystémiques	Indicateurs écosystémiques	Cadre fondé sur les risques	Informations pour la gestion des pêches	Habitats d'importance spéciale	Biodiversité	Cheminement des effets	Impacts du changement climatique
1 Outils d'évaluation des risques	2	1	1	1	2	2	1	1
2 Évaluation du rendement des indicateurs écosystémiques	2	1	1	1	2	1	1	1
3 Outils d'évaluation des règles d'aide aux décisions	1	1	1	1	2	2	1	1
4 Opérationalisation des changements de régime	1	2	3	1	2	2	2	1
5 Application des connaissances aux changements de productivité	2	2	2	1	2	2	2	1
6 Potentiel de rétablissement des espèces décimées	2	2	2	1	1	1	2	2
7 Principales caractéristiques de la structure et des fonctions écosystémiques	1	2	2	2	1	1	2	2
8 Méthodes de gestion des informations spatiales et de l'accès aux connaissances	2	2	2	2	1	1	1	2
9 Pratiques exemplaires pour l'évaluation écosystémique	1	2	2	1	1	1	2	2

(1 = soutien direct et immédiat; 2 = avantages indirects mais immédiats pour les clients, issus des progrès réalisés par le Secteur des sciences; 3 = avantages indirects à long terme)



Annexe

La présente annexe considère la gestion écosystémique selon deux points de vue : les défis et les avantages d'une approche écosystémique de la gestion, et la façon dont les activités scientifiques peuvent appuyer une telle approche.

Les exemples A, B et C donnent un aperçu de la façon dont la gestion écosystémique peut être abordée dans les Grands Lacs, le détroit de Georgia et le détroit de Northumberland.

Les exemples D, E et F illustrent l'appui du programme du Secteur des sciences du MPO à l'approche fondée sur la science écosystémique dans les cas suivants : aquaculture dans la Région des lacs expérimentaux, suivi des agents perturbateurs de l'écosystème dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent et gestion intégrée de la zone côtière des Îles de Fundy.

L'exemple G fait ressortir comment l'approche de gestion écosystémique peut servir à traiter les dossiers prioritaires et très médiatisés du Ministère.

A. Gestion de l'écosystème des Grands Lacs

L'approche écosystémique de la gestion est relativement nouvelle. Elle a vu le jour dans les Accords Canada-États-Unis relatifs à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (AQEGL) des années 1970. Depuis 1989, le Canada a engagé presque 300 millions de dollars en ressources fédérales dans des mesures de restauration et de protection des Grands Lacs. En conséquence, ils sont aujourd'hui plus propres et en meilleur état qu'ils ne l'étaient durant le dernier demi-siècle.

Sous tous leurs aspects, les Grands Lacs constituent un important écosystème. Ensemble, les lacs Érié, Huron, Michigan, Ontario et Supérieur contiennent 20 p. 100 des ressources mondiales en eau douce. Quarante millions d'habitants vivent dans cette région – les lacs constituent leur source d'eau potable – dont 30 p. 100 de la population canadienne et 10 p. 100 de la population américaine. La santé humaine et l'économie dépendent de la santé à long terme de cet écosystème. Le transport maritime, l'industrie, l'agriculture, le tourisme, la pêche récréative et la pêche commerciale dépendent des lacs. Les importantes pêches qui y sont pratiquées comptent parmi les pêches mondiales en eau douce les plus rentables, la valeur annuelle totale des prises canadiennes et américaines se chiffrant à 7 milliards de dollars. Ces pêches contribuent 450 millions de dollars par année à l'économie canadienne : la pêche récréative y contribue 350 millions de dollars et la pêche commerciale, dont les débarquements moyens annuels valent environ 45 millions de dollars, environ 100 millions.

La gestion écosystémique des Grands Lacs est une entreprise multipartite nécessaire et dispendieuse. Sa mise en œuvre passera par des programmes ministériels, des Plans d'action des Grands Lacs, des programmes de la Commission des pêches des Grands Lacs (CPGL), l'Accord Canada-Ontario concernant l'écosystème du bassin des Grands Lacs et des ententes bilatérales avec des agences américaines. Des mesures ciblées de gestion à petite échelle, tels le Plan

stratégique pour les pêches des Grands Lacs mis en valeur par la CPGL, ont connu un succès mitigé, mais les plans de gestion de l'écosystème panlacustre incluent maintenant nombre de ses objectifs.

Défis posés par l'écosystème du bassin des Grands Lacs

Le développement industriel, agricole et municipal, qui a débuté il y a longtemps, exerce d'immenses stress sur l'écosystème des Grands Lacs. Plus de la moitié des 444 espèces en péril au Canada se trouvent dans ce bassin. Dans les années 1960, les déchets humains et industriels avaient déjà créé de graves problèmes d'eutrophisation et accru la charge en produits chimiques toxiques rémanents, en particulier dans les lacs de la région inférieure. D'autres stress simultanés, comme le changement climatique, les espèces envahissantes et la perte et la modification de l'habitat dues au développement ont ajouté aux problèmes devant être gérés.

Concept de l'utilisation bénéfique

Un cadre pour l'approche de gestion écosystémique s'est dégagé du concept d'« utilisation bénéfique », mis en avant pour définir et prioriser les mesures de gestion de l'AQEGL. Ce concept concrétise les valeurs écologiques de l'écosystème telles la santé des réseaux trophiques, les populations de poisson et l'habitat du poisson et des espèces sauvages, ainsi que les valeurs pour l'homme. Il a été appliqué à grande échelle, et les gouvernements ont été priés d'élaborer des plans de gestion panlacustre pour restaurer toutes les utilisations bénéfiques altérées à l'échelon des lacs. L'approche de gestion a été peaufinée lorsque l'AQEGL a été révisé; des plans de restauration de 14 utilisations bénéfiques dans des aires particulièrement dégradées, identifiées comme des secteurs préoccupants, ont été adoptés et des objectifs de restauration, souvent désignés comme des « critères de retrait de la liste » ont été élaborés.

Définition de l'approche écosystémique de la gestion

La gestion écosystémique doit être globale. Elle reconnaît l'interconnexion entre l'air, le sol, l'eau et tous les êtres vivants. Les écosystèmes dépassent les frontières géopolitiques, et les unités naturelles que sont, par exemple, les lacs et leurs bassins hydrographiques constituent les unités de gestion de l'approche. La recherche et la compréhension, la surveillance, la réglementation et la mise en œuvre de mesures requièrent la participation des gouvernements provinciaux, fédéraux et étrangers, ainsi que des administrations municipales.

La gestion écosystémique doit se faire dans le respect des principes suivants :

- englober l'ensemble de l'écosystème visé et non seulement les parties;
- mettre l'accent sur les relations entre les composantes du milieu et entre les organismes vivants et les éléments inanimés;
- assurer la considération équilibrée du milieu naturel, de la société et de l'économie;
- utiliser des unités géographiques naturelles, comme des bassins hydrographiques;
- inclure les concepts de durabilité écologique;
- respecter les espèces autres que l'Homme pour le bénéfice des générations futures.

Gestion de l'écosystème des Grands Lacs – Le rôle du Secteur des sciences du MPO

Depuis le début des années 1980, le MPO assume, auprès d'organisations binationales et multipartites qui continuent à faciliter et à étayer la restauration des secteurs préoccupants dans les Grands Lacs et qui ont dirigé l'élaboration de plans de gestion des écosystèmes panlacustres, le mandat fédéral pour les poissons, les pêches, l'habitat du poisson et la capacité de production. La contribution du Ministère a pris la forme de recherches scientifiques, d'organisation, de leadership, de l'identification des besoins en matière de surveillance et de la promotion soutenue de la conservation, de la protection, du rétablissement des ressources en poisson et de la restauration de l'habitat du poisson. Le MPO est signataire de l'Accord Canada-Ontario (ACO) concernant l'écosystème du bassin des Grands Lacs. Les évaluations de la capacité de production des Grands Lacs que le Ministère a faites pour la CPGL et ses agences partenaires canadiennes et américaines ont aidé à établir des lignes directrices pour l'ensemencement de prédateurs de niveau trophique supérieur, le pilier économique des pêches dans les Grands Lacs.

Le Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques du MPO, à Burlington, joue un rôle pivot dans l'exécution des programmes de recherche et de surveillance des réseaux trophiques et de l'habitat. Une meilleure gestion des écosystèmes dépend de la compréhension des effets des mesures de gestion (pêches, habitat, gestion des éléments nutritifs et des contaminants) de concert avec d'autres facteurs de changements, tels le climat, les niveaux d'eau et l'introduction d'espèces envahissantes. Nous avons récemment mis l'accent sur l'élaboration de modèles dynamiques de prévision pour les éléments nutritifs, les écosystèmes et l'habitat dans le but de comprendre l'importance relative de ces éléments. Les modèles d'écosystème nous permettent d'évaluer la compatibilité d'objectifs multiples et d'identifier les lacunes dans les connaissances essentielles. Il est reconnu que les buts fixés séparément et indépendamment d'un cadre écosystémique ont peu de chance d'être compatibles et qu'ils sont probablement contre-productifs lorsqu'ils sont mis en œuvre dans le monde réel. Il en résulte que les intervenants comprennent mieux la nécessité d'établir ensemble les plans de gestion des pêches et les plans de gestion de l'habitat, élaborés séparément par le passé.

Le Secteur des sciences du MPO a grandement contribué à l'étude scientifique des écosystèmes des Grands Lacs. Par exemple, nous avons élaboré un modèle du transfert de l'énergie dans l'écosystème de la baie de Quinte, faisant appel à des données de surveillance multitrophique recueillies sur une période de plus de 30 ans, dans le but d'établir les effets de la gestion des éléments nutritifs, de l'introduction successive d'espèces envahissantes et de l'exploitation sur la production des pêches. Nous avons également mis au point des outils de recherche et de surveillance, tels des indices d'intégrité biotique, pour évaluer le niveau de rétablissement des populations de poisson, les indices de productivité du zooplancton selon la taille et des indicateurs de la productivité et de la composition du phytoplancton, qui constituent ensemble des mesures de la santé des écosystèmes. La surveillance des contaminants dans les réseaux trophiques des Grands Lacs et la modélisation des voies de bioaccumulation nous ont permis d'atteindre deux objectifs : clarifier les préoccupations au sujet des risques de bioaccumulation et prédire les taux de rétablissement de l'écosystème lorsque l'utilisation et les charges de certains produits chimiques étaient limitées. Pour une étude parrainée par la Commission mixte internationale, le MPO a préparé un modèle d'évaluation dynamique pour toutes les populations de poisson et tous les habitats littoraux du lac Ontario. Le modèle reposait sur les outils de classification et d'évaluation de l'habitat mis au point à l'intention des partenaires du Plan d'action des Grands Lacs et de la gestion de l'habitat des poissons.

Contributions prévues du Secteur des sciences du MPO à la gestion de l'écosystème des Grands Lacs

- **Habitat :** Évaluation scientifique du succès des activités de restauration de l'habitat dans les secteurs préoccupants, comme le havre de Toronto et le corridor lac St. Clair-rivière Detroit; fonction de partenaire clé dans la fusion des plans de gestion de l'habitat et des pêches pour plusieurs secteurs préoccupants; élaboration de modèles de prévision, reposant sur l'habitat, des populations de poisson clés de la pêche récréative dans les secteurs préoccupants.
- **Espèces envahissantes :** Plans de surveillance des espèces envahissantes, en particulier dans les secteurs préoccupants, et principales voies d'introduction; évaluation du risque que posent les principales voies d'introduction d'espèces envahissantes dans les Grands Lacs; recherches dans le but de comprendre les effets des espèces envahissantes sur la santé des réseaux trophiques et des populations de poisson.
- **Écosystèmes :** Surveillance multitrophique de la santé des écosystèmes dans les secteurs préoccupants et les lacs entiers; identification et rapport des mesures utiles; élaboration d'un modèle de l'écosystème du secteur préoccupant du port de Hamilton; élaboration de stratégies de restauration de l'écosystème pour les espèces en péril et compréhension du rôle de l'habitat essentiel; évaluation des buts de restauration des écosystèmes à l'aide de modèles écosystémiques.

B. Gestion écosystémique du détroit de Georgia

Plus des deux tiers de la population de la Colombie-Britannique vivent dans le sud-ouest de la province et dans le sud de l'île de Vancouver, de chaque côté du détroit de Georgia. On prévoit que la population actuelle d'un peu plus de 2,7 millions d'habitants (Recensement de 2001) augmentera de 30 p. 100 ou plus d'ici 20 ans. Parcs Canada considère le détroit de Georgia, une voie maritime déjà très fréquentée, comme « le milieu naturel le plus menacé du Canada ».

Avantages de l'approche écosystémique

L'approche écosystémique de la gestion met l'accent sur les causes et les conséquences des changements qui surviennent dans la composition des espèces d'un écosystème. Dans le détroit de Georgia, cette approche doit tenir compte des changements naturels qui se produisent dans l'écosystème au niveau des plantes et des animaux, dont certains peuvent se produire rapidement, ainsi que des effets de la pêche, de l'augmentation de la population, de l'industrie, de la pollution et de la plus forte utilisation du bassin à des fins récréatives.

Les avis à plus forte teneur écosystémique pourraient s'appuyer sur les tendances de la température, de la salinité, des vents et des apports en eau douce dans le détroit pour cerner l'évolution du détroit et les conséquences sur les pêches. De simples mesures du moment de la production planctonique peuvent servir d'indicateurs clés des tendances futures des populations de hareng, de merlu du Pacifique, ainsi que de saumons coho, quinnat, rouge, kéta et rose. L'élévation des températures de fond, en particulier en hiver, peuvent moduler les avis relatifs à la morue du Pacifique et peut-être d'autres espèces à cause de ses effets sur la fraie. Les sciences écosystémiques fournissent aux gestionnaires plus d'information au sujet des facteurs qui agissent sur l'abondance d'espèces particulières. Cette information devrait les aider, ainsi que leurs clients, à mieux comprendre le besoin de conservation durant les périodes de fragilité ainsi que les possibilités de pêche en dehors de ces périodes.

Avec une approche écosystémique de la gestion, l'intendance sera meilleure, même si le détroit continue à changer. La population canadienne évaluera le succès de cette approche d'après l'état de santé global des espèces trouvées dans l'écosystème.

Défis posés par l'écosystème du détroit de Georgia

Le détroit de Georgia est une importante aire de croissance pour les saumons juvéniles du Pacifique, lesquels comptent traditionnellement pour 35 à 40 p. 100 du total des prises de ces espèces. Le hareng du Pacifique y atteint actuellement des niveaux d'abondance records et représente depuis cinq ans entre 60 et 70 p. 100 du total des prises annuelles de hareng en Colombie-Britannique. D'importantes pêches commerciales du crabe dormeur, de la crevette tachetée, de la panope et de l'oursin y sont également pratiquées, et leurs prises ont représenté en 2005 environ 35 p. 100 de la valeur totale des prises de l'industrie britanno-colombienne de mollusques et crustacés, évaluée à un milliard de dollars.

Le merlu du Pacifique, espèce présentant la plus forte biomasse de poisson du détroit, est devenu tellement nombreux ces dernières années que sa croissance a été freinée. L'aiguillat commun, espèce longévive à la croissance lente, abonde dans l'ensemble du détroit. Même s'il n'est pas très prisé par l'homme, il joue peut-être un rôle important dans l'équilibre naturel du milieu. Par le passé, la morue-lingue était un important prédateur, mais une surpêche en a réduit l'abondance et l'effet prédateur. La morue du Pacifique était également une espèce importante par le passé, mais elle a presque disparu ces dernières années, probablement à cause de l'élévation de la température dans ses frayères. Les populations de phoques et d'otaries ont nettement augmenté au cours des 20 dernières années. Ces changements dans les populations de poisson et de mammifères marins signifient que les relations de prédation dans l'écosystème du détroit ont sensiblement changé depuis vingt ans.

Les conditions du détroit moins favorables au saumon coho se répercutent sur le niveau de survie en mer de l'espèce, inférieur de presque un ordre de grandeur dans les années 1990 à ce qu'il était dans les années 1960 et 1970. Les changements naturels ont des répercussions sur les taux d'exploitation durables, les stratégies et les cibles de rétablissement, ainsi que les activités des écloseries. Durant les périodes de faible productivité, comme cela est actuellement le cas, les taux d'exploitation doivent être faibles pour être durables, le rétablissement des populations décimées sera difficile et la compétition entre le coho d'élevage et le kéta sauvage pourrait être plus intense. Des avis scientifiques qui tiennent compte de l'état de l'écosystème sont critiques pour toutes ces activités de gestion et d'élaboration des politiques. Le détroit de Georgia alimentait par le passé l'une des pêches récréatives les plus importantes au Canada. Des pêches récréatives du saumon, du sébaste et de certaines autres espèces sont encore pratiquées, mais l'importante pêche du saumon coho s'est effondrée lorsque l'espèce a changé de comportement au milieu des années 1990, ne fréquentant plus le détroit au printemps et en été avant la fraie.

La température des eaux du détroit a gagné environ 1 °C au cours du dernier siècle et 0,3 °C ces 25 dernières années seulement. La température pourrait augmenter d'encore 2 °C au cours des 50 prochaines années. La salinité des eaux profondes semble également diminuer. On s'attend à ce que les débits du fleuve Fraser continuent à changer, pour augmenter à la fin de l'hiver et diminuer en été. Au cours de 6 des 15 dernières années, la température de l'eau du fleuve a parfois dépassé le niveau létal pour le saumon migrant vers les frayères. Le régime et le volume des débits du Fraser jouent aussi un rôle indirect dans le transport de la plupart des éléments nutritifs du détroit de Georgia en entraînant les eaux océaniques profondes, riches en éléments nutritifs, dans le détroit. L'action combinée des vents, du rayonnement solaire et des éléments nutritifs produit le plancton qui sert à alimenter les poissons juvéniles et les coquillages. Les vents semblent faiblir au printemps, ce qui réduirait la production planctonique après la première efflorescence. Il semble, dans les dernières années, que le poisson qui commence à s'alimenter plus tôt connaît un meilleur taux de survie que celui qui tarde à le faire, comme le montrent les fortes abondances de saumon rose et de saumon kéta et les faibles populations de saumon coho.

L'approche écosystémique tient également compte des effets sur les espèces migratrices, de passage dans la région. En plus des abondantes populations résidentes d'oiseaux marins, de canards et de bernaches, le détroit de Georgia est aussi une halte migratoire vitale pour les oiseaux empruntant l'importante voie migratoire du Pacifique. L'estuaire du Fraser et la baie Boundary constituent la plus grande aire de repos hivernale de la sauvagine en Amérique du Nord.

C. Approche écosystémique du détroit de Northumberland

Au cours du dernier siècle, les activités humaines ont probablement modifié sensiblement l'environnement unique qu'est le détroit de Northumberland. Afin d'utiliser une approche écosystémique de la gestion de ce plan d'eau, le MPO a entamé un examen et une évaluation de l'écosystème du détroit et a commencé à intégrer l'information tirée de diverses sources (pêches, relevés scientifiques, études socioéconomiques) et à la rendre accessible aux intervenants.

Le détroit de Northumberland, qui sépare l'Île-du-Prince-Édouard du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse, mesure 225 km de long et entre 14 à 48 km de large. Il connaît, parmi tous les plans d'eau de mer du Canada, les températures les plus élevées : la température des eaux de surface atteint environ 10 °C au début de juin et entre 20 et 23 °C à la fin juillet. Les températures dans l'estuaire sont plus élevées et augmentent plus rapidement au printemps. La faible profondeur donne lieu à des courants de marée forts, au mélange de la colonne d'eau de la surface jusqu'au fond, à des remous et à une concentration élevée de limon et de boue rouge en suspension. Entre décembre et avril, le détroit est généralement englacé; la glace atteint jusqu'à 120 cm d'épaisseur et la température de l'eau baisse jusqu'à environ -1 °C. Sur une grande superficie au centre, le détroit a moins de 20 m de profondeur, alors qu'il fait environ 70 m de profondeur à ses extrémités. Quelque 140 000 habitants (Recensement de 2001) répartis dans 55 collectivités vivent le long du détroit.

Le détroit de Northumberland est un écosystème dynamique et productif. Le homard constitue la pêche la plus rentable de cette riche zone de pêche, l'une des plus intensément exploitées du Canada. Plus de 2 000 entreprises y pêchent principalement le homard, le pétoncle, le hareng, le crabe commun, la plie canadienne, le maquereau, le thon, la morue, la plie rouge, la merluche blanche, le gaspareau, la capucette, l'éperlan, l'huître, la moule, la mye, la palourde et la mousse d'Irlande. Le phoque gris et le phoque commun s'y trouvent toute l'année dans les secteurs littoraux. Des baleines et des marsouins y pénètrent au printemps, s'alimentent tout au long de l'été et partent en hiver. Le syngnathe, un membre de la famille des hippocampes, est commun dans les estuaires chauds. Quelques espèces exotiques ont probablement été introduites par les premiers explorateurs européens, mais les nouveaux venus, comme le crabe vert, plusieurs espèces d'algues et quatre espèces de tuniciers, pourraient causer de graves problèmes environnementaux et économiques. La culture des moules et des huîtres est pratiquée dans les estuaires des deux côtés du détroit. En raison de la tiédeur de l'eau en été et des plages sablonneuses, les terrains riverains sont très chers. Plusieurs parcs ont été aménagés le long du détroit, et la pêche récréative et la navigation de plaisance y sont des activités populaires.

Préoccupations des intervenants pour l'avenir du détroit de Northumberland

Les intervenants ont exprimé diverses préoccupations à propos de l'écosystème. Les pêcheurs ont signalé que plusieurs espèces d'importance commerciale sont en sérieux déclin, surtout depuis quelques années. Ils attribuent ce problème en partie aux changements survenus dans le milieu, à la construction du pont de la Confédération et à certaines pratiques de pêche comme le dragage. Ils craignent la disparition de leurs entreprises de pêche et redoutent le chômage, l'exode des jeunes, la baisse du niveau de vie et la perte de la viabilité socioéconomique de nombreuses collectivités côtières.

D'autres intervenants s'inquiètent de l'avenir des activités commerciales, culturelles et récréatives menées dans le détroit et le long de son littoral. Ils ont indiqué que la qualité de l'eau se détériorait à une vitesse alarmante. Ils ont noté une accumulation de plus en plus inquiétante de sédiments et la présence de solides en suspension, et ils considèrent que ces changements nuisent aux populations de poisson et à l'habitat du détroit, ainsi que de ses nombreux estuaires et bassins hydrographiques. Ils ont également fait état de concentrations grandissantes d'éléments nutritifs et de contaminants d'origine terrestre, causées par des activités comme l'agriculture intensive; des effluents d'industries, d'usines de traitement du poisson et de municipalités qui contribuent au problème de l'eutrophisation; et du remblayage et de la construction de chalets qui contribuent à l'érosion du rivage et à la destruction des terres humides.

D. Expérience de l'aquaculture panlacustre : les sciences écosystémiques à l'œuvre

La plus grande partie de l'aquaculture pratiquée au Canada se fait en mer, mais le potentiel de l'aquaculture commerciale, ou pisciculture, en eau douce – source possible d'aliments protéiniques humains – soulève de plus en plus d'intérêt. Des chercheurs du MPO mènent une étude panécosystémique dans la Région des lacs expérimentaux (RLE), située dans le nord-ouest de l'Ontario, afin de recueillir des données avant et après la construction d'une installation de pisciculture, ce qui leur permettra d'obtenir un ensemble de données sans pareil pour évaluer les effets de l'aquaculture en cage en eau douce, selon les pratiques actuelles de l'industrie.

L'étude détaillée des processus et des mécanismes servira de fondement à la modélisation d'autres systèmes et à l'extrapolation. Les données recueillies serviront à formuler des avis sur le choix de l'emplacement et l'exploitation d'installations piscicoles déjà établies ou à venir. La compréhension des effets de l'aquaculture en eau douce aidera le MPO à trouver un équilibre entre les intérêts potentiellement conflictuels des aquaculteurs, des propriétaires de chalet, ainsi que des pêcheurs commerciaux et récréatifs, qui ont tous un impact sur l'habitat du poisson.

L'étude vise à quantifier les effets de l'aquaculture sur la qualité de l'eau, la production primaire, les sédiments, ainsi que la composition et le comportement des communautés d'invertébrés et de poissons indigènes. Les chercheurs utilisent une approche par bilan massique, de concert avec la mesure des concentrations d'isotopes stables de soufre, d'azote et de carbone, pour suivre l'évolution des déchets de l'aquaculture dans l'écosystème. Le lac d'étude, le lac 375, a été étudié pendant deux ans avant qu'on établisse une petite installation piscicole en 2003. Les chercheurs du MPO contrôlent maintenant les changements dans les principales variables écosystémiques en les comparant avec celles d'un lac de référence voisin, le lac 373, pour lequel des données de référence à long terme sont disponibles. Conjointement à ces études, un ensemble parallèle de données d'observation est recueilli dans des installations piscicoles en service dans la baie Georgienne et le lac Huron, ainsi que dans le lac Diefenbaker, en Saskatchewan. Ces données serviront à élaborer des modèles qui permettront de mettre les résultats du lac 375 à l'échelle de systèmes d'aquaculture plus complexes.

Depuis 2003, environ 10 000 truites arc-en-ciel sont introduites chaque année, en mai, dans la cage installée dans le lac 375 pour y être élevées. Les changements survenus dans leur taille en fonction de la température de l'eau, ainsi que la rétention des nutriments et la digestibilité, sont étroitement contrôlés pour modéliser la production de déchets. Le volume de déchets produits et leur sédimentation sont également établis directement à l'aide d'un réseau de pièges à sédiments installés sous la cage et partout dans le lac. Un modèle de bilan massique est en cours d'élaboration pour quantifier le devenir dans l'écosystème de l'apport en phosphore, en carbone et en azote issu de cette installation piscicole.

Dans les lacs 375 et 373, les changements qui surviennent dans la qualité de l'eau sont évalués toutes les deux semaines au moyen d'un échantillonnage des propriétés chimiques de l'eau (y compris la concentration de tous les principaux éléments nutritifs), de la production primaire en carbone 14 (C14), de la biomasse phytoplanctonique et bactérienne, de l'équilibre nutritif physiologique chez les algues et de la composition des communautés. Une batterie de plateaux à périphyton installés autour du lac sert à évaluer la distribution spatiale des effets des éléments nutritifs sur la croissance des algues. Des mesures semblables de la composition des espèces d'algues, de leur productivité et de leur état physiologique sont faites dans la zone littorale. Les changements dans l'abondance et la distribution spatiale du zooplancton et des gros invertébrés planctoniques, y compris *Mysis* et *Chaoborus*, sont contrôlés toutes les deux semaines.

Le prélèvement régulier d'échantillons, au printemps et à l'automne, le long d'un transect partant de la cage sert à évaluer les impacts de l'installation piscicole sur les sédiments et le biote connexe, ce qui est également fait à plus grande échelle spatiale par le biais de l'échantillonnage toutes les deux semaines des sédiments dans l'ensemble du lac expérimental et du lac de référence.

On ignore si les déchets aquacoles peuvent servir de source d'énergie nouvelle au biote indigène, comme les poissons et les invertébrés. Les isotopes stables des déchets issus de l'installation aquacole ont une signature unique, et les changements de ces signatures dans le biote du lac 375 indiquent le degré d'intégration de ces déchets par l'écosystème lacustre.

Les changements survenus dans l'abondance et la croissance des populations de poissons indigènes des lacs 375 et 373 sont contrôlés deux fois l'an par échantillonnage. Presque tous les poissons échantillonnés sont remis à l'eau à l'état vivant. Les chercheurs du MPO munissent des poissons indigènes d'un petit émetteur acoustique pour connaître leurs déplacements et leur comportement avant et après l'installation de la cage. Chaque année, ils munissent également 5 à 10 truites arc-en-ciel d'un émetteur et les relâchent dans le lac 375 dans le but de reproduire et de mieux comprendre le comportement des « évadés ». Les changements dans la distribution des ménés sont également contrôlés par échantillonnage intense à différents endroits du lac 375.

E. Estuaire maritime du Saint-Laurent

Il est impératif qu'un cadre scientifique écosystémique soit élaboré pour nous permettre de mieux comprendre et de surveiller plus étroitement les interactions entre les composantes de l'écosystème et les changements résultant de l'intensification des pressions anthropiques dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent. L'aperçu qui suit établit le contexte de cette exigence.

L'estuaire maritime du Saint-Laurent (EMSL) s'étend de l'embouchure du fjord du Saguenay vers l'aval jusqu'à Pointe-des-Monts, au Québec. Il constitue une aire essentielle de l'écosystème de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Le mélange intense d'eau douce et d'eau salée que provoquent les marées et les remontées d'eau profonde à l'entrée du chenal Laurentien (ce phénomène est également appelé pompe à nutriments) sont les phénomènes les plus importants qui se produisent dans l'EMSL. Les eaux de la couche intermédiaire, relativement riches en nutriments, sont également mélangées aux eaux de surface par entraînement avec l'eau du Saint-Laurent et, ensemble, forment le courant de Gaspésie, qui transporte les nutriments le long du Plateau madelinien vers le détroit de Cabot. Ces processus hydrographiques sont à l'origine de la forte production biologique du bassin, aussi loin que le sud du Golfe. En outre, la forte production dans l'EMSL alimente une abondante communauté zooplanctonique, bien qu'une grande proportion de la biomasse trouvée localement résulte du transport par advection dans les eaux profondes. Il en résulte une accumulation d'organismes zooplanctoniques et une abondance de poissons pélagiques à l'entrée du chenal Laurentien, ce qui représente une très importante source de nourriture pour les mammifères marins qui passent l'été dans l'EMSL, dont plusieurs espèces en péril, comme le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent et le rorqual bleu.

Dépistage des impacts des agents de stress de l'écosystème de l'EMSL

L'EMSL est également soumis aux effets de nombreuses activités humaines et d'agents de stress connexes, qui posent une grave menace pour l'intégrité des processus physico-chimiques et biologiques ayant lieu dans cette région. Ceci pourrait avoir en aval des répercussions néfastes sur la productivité dans le sud du golfe du Saint-Laurent, notamment :

- l'accumulation, dans les sédiments du chenal Laurentien, de contaminants provenant des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent;
- l'aggravation, depuis les années 1930, des conditions hypoxiques dans les eaux profondes du chenal Laurentien par suite du changement climatique et de l'eutrophisation de l'estuaire du Saint-Laurent;
- la perturbation des mammifères marins résultant de la navigation commerciale intense, des activités à la hausse d'observation de ces animaux et d'un intérêt de plus en plus vif pour l'exploration pétrolière et gazière (relevés sismiques) dans l'EMSL;
- les variations de l'apport en eau douce résultant de la régulation du niveau de l'eau dans la Voie maritime du Saint-Laurent, de l'aménagement hydro-électrique et du changement climatique (précipitations).

Les impacts individuels et combinés de ces diverses activités et pressions sont mal compris. Des approches innovatrices sont requises pour étudier ces problèmes étant donné la complexité des processus physico-chimiques et biologiques qui se produisent dans la région et le fait que les interactions entre les divers agresseurs pourraient les perturber.

F. Îles de Fundy (baie de Fundy, sud-ouest du Nouveau-Brunswick) : Étude de cas d'une gestion écosystémique

La région des îles de Fundy, située à l'embouchure de la baie de Fundy, est exceptionnelle en raison de sa productivité, de la variété de ses habitats marins et de sa biodiversité. Cette région alimente depuis longtemps d'importantes pêches du hareng, du homard, des pétoncles et du poisson de fond. Dans les dernières décennies, elle est devenue le centre de la florissante industrie d'élevage de poissons marins de l'Atlantique. Le développement énergétique y a récemment connu un regain d'intérêt, y compris la production d'énergie marémotrice et des propositions de construction de terminaux de gaz naturel liquéfié. Cette région abrite plusieurs espèces inscrites à la liste de la *Loi sur les espèces en péril* (dont la baleine noire, le saumon atlantique de l'arrière-baie de Fundy et le marsouin commun), et renferme l'une des premières zones de protection marines (Musquash).

L'embouchure de la baie de Fundy, en particulier la région des îles de Fundy, est un endroit qui se prête parfaitement à une étude de cas pour la mise en œuvre de l'approche écosystémique de la gestion. La région des îles de Fundy est une aire où se chevauchent de nombreuses utilisations du milieu océanique. Ces diverses utilisations donnent souvent lieu à des interactions importantes qui ont un impact sur des composantes valorisées de l'écosystème. La région est l'objet d'une expérience de gestion intégrée, dans le cadre de l'Initiative de planification de la gestion des ressources marines du sud-ouest du Nouveau-Brunswick. En outre, comme les îles de Fundy sont situées à proximité de la frontière américaine, elles offrent une possibilité de gouvernance transfrontalière (internationale).

La Station biologique de St. Andrews (SBSA) a été établie dans les îles de Fundy il y a un siècle, en grande partie à cause de la diversité des habitats marins et de la proximité d'importantes pêcheries. Elle a acquis une grande connaissance de la région et a récemment réorienté ses activités afin de mettre l'accent sur les recherches scientifiques requises pour la gestion intégrée de la zone côtière et les façons d'aborder la gestion écosystémique. La SBSA a été réorganisée de manière à expressément regrouper les secteurs des Pêches (écologie des populations), des Sciences de l'environnement, de l'Océanographie et de l'Aquaculture sous le thème de travail « Sciences intégrées pour une gestion intégrée ». L'objectif est de planifier et de mener les recherches scientifiques requises pour la gestion en évolution de la baie de Fundy et du golfe du Maine.

Les recherches scientifiques menées à la SBSA dans le but d'établir une approche de gestion écosystémique opérationnelle comprennent le développement et la démonstration des concepts, la comparaison des approches et la formulation des avis. Les travaux englobent :

- des recherches et des avis sur les indicateurs et les points de référence pour l'ensemble plus vaste d'objectifs opérationnels (tactique) requis pour les plans de gestion nécessaires à une approche écosystémique;
- des méthodes d'estimation de l'impact cumulatif de diverses activités par rapport aux objectifs de conservation (de l'ensemble des plans de gestion);
- des recherches sur la pertinence des indicateurs contextuels et l'impact de l'évolution des conditions sur les points de référence;
- des approches d'aide à la décision et des méthodes d'intégration des données scientifiques pour soutenir des décisions de portée plus vaste que les plans de gestion individuels;
- la construction de l'assise scientifique qui guidera les avis sur les espèces décimées, les espèces sensibles et les aires détériorées importantes;
- des approches de surveillance de la zone côtière en regard des besoins en évolution de l'approche écosystémique;
- des recherches et des avis sur les interactions entre les utilisations du milieu océanique et entre ces utilisations et les éléments biologiques de l'écosystème.

Reconnaissant la nature globale de l'approche écosystémique de la gestion, la SBSA a resserré sa collaboration avec la Gestion des océans et de l'habitat, la Gestion des pêches et de l'aquaculture et le milieu universitaire (plus précisément par un protocole d'entente entre l'Université du Nouveau-Brunswick et le Centre des sciences de la mer Huntsman) afin d'accroître la capacité scientifique dans ce domaine.

G. Exemples d'activités du MPO mises dans un contexte de gestion écosystémique

Les exemples suivants montrent comment des initiatives clés du MPO peuvent être réorientées pour recevoir un appui plus large et plus applicable du Secteur des sciences.

- **Rétablissement des stocks de morue** – Bien que le rétablissement de nombreux stocks de morue tranche soit une priorité du Ministère depuis 15 ans, peu de progrès ont été faits. Le MPO n'a qu'une connaissance partielle de la raison pour laquelle les populations décimées n'ont pas réagi aux initiatives de rétablissement, ce qui nuit aux efforts de rétablissement et à la crédibilité du Ministère. Nous avons découvert que la productivité des stocks de morue avait changé et nous avons établi certaines des causes de ce changement, mais nous n'avons pas encore acquis une connaissance pratique du lien entre les conditions du climat océanique (souvent appelés « régimes ») et la capacité de rétablissement des stocks. Nous savons également que la distribution spatiale de la morue a changé à la suite du déclin de ses effectifs, mais nous ne savons pas comment tenir compte de ces changements dans la planification des efforts de rétablissement ni les situer par rapport aux changements dans les habitats marins. La mortalité naturelle a augmenté chez plusieurs stocks. Bien que des éléments donnent à penser que la prédation exercée par les phoques soit un facteur, le fait que nous connaissions mal les facteurs à l'origine des changements dans la mortalité naturelle nous empêche de les inclure dans notre planification du rétablissement. Les plans de rétablissement de la morue seront fondés sur des règles, officiellement ou officieusement, dans des programmes structurés en fonction du risque. Pour que ces plans réussissent, les indicateurs de règle et les objectifs correspondants devront pouvoir être surveillés de façon économique et constituer une assise fiable qui puisse guider les décisions des gestionnaires. Bien qu'il soit peut-être possible de regrouper une partie de ces connaissances dans les évaluations intégrées des zones étendues de gestion océanique, le Secteur des sciences du MPO devra les interpréter selon l'application spécifique pour traduire les évaluations en plans de rétablissement des stocks.

- **Politique concernant le saumon sauvage** – Après plusieurs années de planification, la Politique concernant le saumon sauvage a été adoptée comme le point de départ de la conservation et de la gestion des stocks de saumon sauvage de la côte Ouest du Canada. Encore plus que dans le cas de la morue franche, le milieu océanique joue un rôle important et hautement variable sur une plus longue période dans la productivité et les niveaux de capture durables du saumon sauvage. Nous devons tenir compte de ce fait dans nos avis scientifiques dans un contexte écosystémique. Le cycle de vie des diverses espèces de saumon sauvage du Pacifique est complexe; nous devons obtenir plus d'information sur leurs besoins en matière d'habitat et l'état de l'habitat, ainsi que sur l'effet des processus spatiaux sur les trajectoires passées et futures des populations. Notre connaissance de ces facteurs est incomplète, et ce que nous savons n'a pas encore été pleinement intégré aux avis scientifiques d'une manière qui permette une approche écosystémique de la gestion du saumon sauvage. Comme dans le cas de la morue franche, les efforts passés de rétablissement des unités de population décimées ont donné des résultats variables, pour des raisons qui ne sont que partiellement comprises. Pour utiliser les connaissances acquises (mais incomplètes) à nouveau, nous avons besoin de bons outils de gestion du risque assortis de « déclencheurs » et de règles de contrôle fiables.
- **Interactions entre l'aquaculture et l'environnement** – Le Secteur des sciences du MPO n'a que récemment commencé à fournir des avis sur les effets de l'aquaculture en cage sur les écosystèmes marins. Même à ce stade peu avancé, il est évident que de bons outils de gestion du risque, des indicateurs et des règles de décision sont requis. Nous sommes en train d'apprendre quels éléments de l'écosystème marin sont les plus directement touchés par les installations aquacoles et quels sont les principaux effets indirects. Mais il nous faut mieux comprendre les conséquences de la perturbation de différentes parties de cet écosystème. Les avis en matière d'aquaculture doivent être axés sur l'endroit plutôt que sur les populations de poissons, de manière à minimiser les effets indésirables que pourrait avoir le site choisi pour une installation aquacole. La production aquacole, comme la productivité des populations sauvages, se fait dans un milieu en constante évolution. Pour que l'appui scientifique soit efficace, nous devons savoir comment interpréter et appliquer les données de surveillance dans le contexte de la productivité attendue et des effets potentiels sur l'écosystème.
- **Modèles de cheminement des effets sur l'habitat** – Des modèles de cheminement des effets ont été élaborés pour un certain nombre d'activités réalisées dans l'eau, mais le Secteur des sciences du MPO n'a pas passé en revue le fondement de nombre de ces modèles. Des outils fondés sur le risque, appliqués spatialement plutôt que sur des populations cibles, seront la pierre angulaire de l'appui scientifique. Ces outils devront être assortis de bons indicateurs et de bonnes règles d'aide aux décisions qui tiennent compte de façon réaliste des changements inhérents aux habitats aquatiques. Pour élaborer et valider les règles d'aide aux décisions, et les appliquer par la suite, il faudra également avoir accès à des types de données qui ne sont traditionnellement pas utilisées pour formuler des avis sur des populations. La Gestion de l'habitat de MPO a utilisé l'approche du cheminement des effets pour centrer l'attention sur les risques les plus élevés et les impacts potentiels les plus grands. Toutefois, pour atteindre ces buts, nous devons grandement approfondir notre connaissance des composants des écosystèmes aquatiques essentiels à leur santé et à leur productivité.
- **Exploration pétrolière et gazière et développement dans le Nord** – L'exploration pétrolière et gazière et la mise en valeur des hydrocarbures dans le Nord sont au centre des défis auxquels le Ministère fait face lorsqu'il soupèse les avantages d'activités commerciales en regard des coûts potentiels de leurs effets les plus graves sur l'écosystème. Nous ne pouvons relever ces défis que si nous avons des objectifs clairs, de bons outils d'évaluation et de gestion du risque fondés sur des indicateurs fiables, et des stratégies de gestion efficaces fondées sur des règles. Les avis devront être solides, tant sur le plan spatial que celui des populations. Comme nous ne disposons, pour la plus grande partie de l'Arctique, que de données limitées et localisées, il sera essentiel de savoir quels sont les composants les plus critiques de l'écosystème où il faudra surveiller les impacts de ces activités de manière à en faire une gestion prudente (sans aller jusqu'à l'interdiction absolue).
- **Évaluation des stocks** – L'approche écosystémique de la gestion transforme l'appui scientifique dans des domaines traditionnels, comme l'évaluation des stocks aux fins de la gestion des pêches, tout comme elle transforme la gestion des pêches elle-même. Il faudra élaborer des stratégies de gestion fondées sur des règles, axées sur le risque et faisant appel à des indicateurs fiables, élargir l'assise des avis scientifiques afin d'y inclure l'état du régime du milieu, et appliquer ce que nous savons de l'évolution probable de la productivité des stocks par rapport à l'évolution des effectifs et aux conditions environnementales. Il faudra également évaluer l'état et les tendances de certaines espèces non commerciales, comme les espèces capturées de façon accessoire, et les composantes de l'écosystème benthique qui jouent un rôle important comme habitat ou source de nourriture pour d'autres espèces. Les objectifs et les stratégies de gestion devront être reformulés afin de placer la gestion des pêches dans le même contexte spatial que les autres activités humaines qui ont une incidence simultanée sur l'écosystème.